Physik

# Visuelle Extinktionsbestimmungen an den Sternwarten Breslau und Belkawe nebst einer Untersuchung der photometrischen Mire

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

bei der

Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau

vorgelegt von

**Susanne Vocke**
aus Breslau

---

Breslau 1938

Referent: Professor Dr. Schoenberg

Korreferent: Professor Dr. Schaefer

Examen rigorosum: 4. Mai 1938

Gedruckt mit Genehmigung der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderabdruck aus „Zeitschrift für Astrophysik", Band 17, Heft 1/2

Verlag von Julius Springer in Berlin

Auf Grund von Beobachtungen an 46 Sternen werden die mittleren Extinktionskoeffizienten für die Sternwarten Breslau und Belkawe bestimmt. Es werden zwei verschiedene Methoden angewandt, die Ost-Weststern- und die Zenitstern-Methode, die im Text näher erläutert sind. Zum Zwecke einer Untersuchung des Gesetzes der Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten von der Wellenlänge werden die Beobachtungen mit drei Farbfiltern ($\lambda_{\text{eff}} = 512\ \text{m}\mu$, $\lambda_{\text{eff}} = 543\ \text{m}\mu$, $\lambda_{\text{eff}} = 599\ \text{m}\mu$) durchgeführt. Im Zusammenhang mit den Extinktionsbestimmungen wird die Brauchbarkeit einer photometrischen Mire als künstliche Vergleichslichtquelle geprüft. Bei der Anwendung der Zenitstern-Methode werden, als gesondertes Beobachtungsergebnis, die Zenithelligkeiten von 30 Sternen in den drei Farben bestimmt, die für die gegebene Photometerapparatur und die Instrumente ein individuelles Helligkeitssystem darstellen. Es wird ferner die Abhängigkeit der Luftdurchlässigkeit von dem relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft und der Zusammenhang zwischen Extinktionswert und Schätzung der Luftdurchlässigkeit untersucht. Schließlich werden die sich ergebenden Extinktionswerte mit denen anderer Sternwarten verglichen.

## *1. Aufgabe.*

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Bestimmung der mittleren Extinktion für die Sternwarte Breslau und ihre Zweigstelle Belkawe. Im Zusammenhang mit den Extinktionsbestimmungen sollte die Brauchbarkeit einer photometrischen Mire als künstliche Vergleichslichtquelle für visuelle Beobachtungen geprüft werden. Zum Zwecke einer Untersuchung des Gesetzes der Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten von der Wellenlänge wurden alle Beobachtungen mit drei Farbfiltern (Blau, Grün, Rot) durchgeführt.

## *2. Methode.*

Die theoretische Grundlage der Arbeit war durch die allgemeine Extinktionstheorie[1]) gegeben. Der Transmissionskoeffizient $p$ wurde in üblicher Weise aus der Formel

$$m_z - m_0 = -\frac{\lg p}{0{,}4}\,(F(z) - 1), \qquad (1)$$

wo $F(z)$ die vom Lichtstrahl durchlaufene Luftmasse bedeutet, bestimmt. Die Werte $F(z)$ wurden aus den Bemporadschen Tafeln für das Argument:

[1]) E. Schoenberg, Theoretische Photometrie, Handb. d. Astrophys. II/1, g.

scheinbare Zenitdistanz entnommen. Um eine möglichst zuverlässige Extinktionsbestimmung zu gewährleisten, zugleich, um die oft kurze Dauer einer klaren Wetterlage innerhalb eines Abends voll auszunützen, wurden zwei voneinander unabhängige Methoden angewandt, von denen die eine zweieinhalb bis drei Stunden, die andere nur etwa 40 Minuten gleichbleibende Klarheit des Himmels erforderte. Die erste, gebräuchlichere Methode gestattet eine direkte, abgeschlossene Extinktionsbestimmung. Die Helligkeit eines Sternes wird beim Auf- oder Untergang in zwei verschiedenen Höhen mit möglichst großem Unterschied der $F(z)$ gemessen. Die Kenntnis des Beobachtungsmomentes in Sternzeit, der Koordinaten des Sternes und der geographischen Breite des Beobachtungsortes liefert die Bestimmung der jeweiligen Zenitdistanz und, nach Eingang in die BEMPORADschen Tafeln, die durchlaufenen Luftmassen. Aus der beobachteten Differenz der Helligkeiten und der berechneten Differenz der Luftmassen läßt sich der Transmissionskoeffizient $p$ gemäß (1) bestimmen.

Die zweite Methode erfordert Helligkeitsbeobachtungen in großen Zeitabständen von etwa 4 bis 6 Monaten. Die Zenithelligkeit eines Sternes wird durch mehrfache Beobachtungen an verschiedenen mittleren Abenden bestimmt. Nach Ablauf höchstens eines halben Jahres wird die Helligkeit desselben Sternes in unterer Kulmination, bei Nicht-Zirkumpolarsternen in großer Zenitdistanz gemessen. Die geringfügige Helligkeitsänderung in Zenitnähe bei verschiedener Güte der Beobachtungsabende im Vergleich zu den wesentlichen Änderungen in Horizontnähe erlaubt die Bestimmung von $p$ aus (1).

### *3. Instrumente.*

Die Beobachtungen wurden mit einem von Prof. SCHOENBERG konstruierten Flächenphotometer ausgeführt, das an den achtzölligen Refraktor der Breslauer Sternwarte (Brennweite 288 mm), später in Belkawe an den dortigen $9^1/_2$zölligen Refraktor (Brennweite 247 mm) anmontiert war. Das durch das Objektiv einfallende Licht wird an einem Lummer-Brodhun-Würfel um $90^0$ abgelenkt. Die Photometerlampe, deren Licht durch NIKOLsche Prismen veränderbar ist, erscheint durch eine kleine elliptische Öffnung in der reflektierenden Silberschicht des Würfels als erleuchtete Kreisfläche. Das orthoskopische Okular (Brennweite 25 mm) trägt in einem Rade mehrere vorschiebbare Filter.

Zur Anpassung der Farbe der Photometerlampe an die Sternfarbe wurde ein verschiebbarer Blaukeil vor die Lampe gesetzt, dessen Einstellung an einer Millimeterskala ablesbar war. Nachdem die für das Auge günstigste Maximalhelligkeit der Photometerlampe durch Einschalten einer geeigneten

Blende, von denen eine Reihe in den Lichtweg gesetzt werden konnten, ein für allemal festgelegt war, konnte die Flächenhelligkeit des zu beobachtenden Sternes durch Änderung der Entfernung des Photometers vom Objektivbrennpunkt beliebig abgestuft werden. Die Ablesung erfolgte am Photometerring, der eine Gradeinteilung von viermal $0^0$ bis $90^0$ in zweimal wechselnder Richtung hatte. Die Photometerlampe (4 Volt/0,3 A) wurde durch einen 4 Volt Akkumulator gespeist, dessen Spannung mehrfach überprüft und nach Neuaufladung durch etwa zwölfstündige Inbetriebsetzung vor den Beobachtungen nach Möglichkeit konstant gehalten wurde. Die Stromstärke der Lampe wurde durch ein in den Stromkreis eingeschaltetes Milliamperemeter abgelesen und — in der Belkawer Epoche — durch einen Spindelwiderstand geeigneter Empfindlichkeit konstant gehalten. Zur Beobachtungsapparatur gehörte ferner der künstliche Vergleichsstern, die Mire, die, auf einem Metallbock fest anmontiert, in einiger Entfernung vom Refraktor in einem Rohr so angebracht war, daß bei etwa horizontaler Lage des Refraktors die optischen Achsen der Instrumente übereinstimmten. Die Lichtstrahlen der Mirelampe (4 Volt/0,3 A) wurden durch Mattscheiben diffus und durch eine Linsenvorrichtung parallel gemacht, damit das Licht des künstlichen Sternes nach entsprechender Blaukeil- und Extrafokaleinstellung dem Licht der extrafokalen Sternscheibchen angepaßt werden konnte. Die Stromstärke der Mire wurde durch ein in den Stromkreis eingeschaltetes Milliamperemeter kontrolliert und — in Belkawe — ebenfalls durch einen Spindelwiderstand konstant gehalten. Auch hier diente als Stromerzeuger ein 4 Volt Akkumulator von genügender Spannungskonstanz.

### *4. Beobachtungsmaterial.*

Um Sterne auch bei nicht erstklassigem Himmel in Horizontnähe beobachten zu können, wurden für beide Extinktionsbestimmungsmethoden nur Objekte sehr großer Helligkeit ausgewählt. Das Intervall von etwa 3,3 Größenklassen ließ sich durch die verschiedenen extrafokalen Einstellungen des Photometers und durch die Variationsmöglichkeiten der Photometerlampe gerade überbrücken. Die Verteilung der Spektraltypen erfolgte bei der Zusammenstellung der Programmsterne nahezu gleichmäßig, jedoch wurden die extremen Klassen B und K zur Prüfung spektraler Extinktion bevorzugt. Für die erste Methode wurden insgesamt 26 Sterne (Tabelle 1), für die zweite Methode 30 Sterne (Tabelle 2) verwandt. 11 Sterne beider Gruppen sind identisch, so daß zur Extinktionsbestimmung insgesamt 45 Sterne zur Verwendung gelangten.

Tabelle 1.

| Lfd. Nr. | Nr. im Berl. Jb. | Name | $m$ vis.[1]) | Spektrum | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 206 | $\delta$ Orionis | 2,48 | B 0 | Veränderlicher/ Periode: $5^d,73$ [2]) |
| 2 | 350 | $\zeta$ Orionis | 2,05 | B 0 | Doppelstern/Abstand: $2'',75$ [3]) |
| 3 | 210 | $\varepsilon$ Orionis | 1,75 | B 0 | |
| 4 | 509 | $\eta$ Ursae maj. | 1,91 | B 3 | |
| 5 | 131 | $\delta$ Persei | 3,10 | B 5 | |
| 6 | 139 | $\eta$ Tauri | 2,96 | B 5 p | |
| 7 | 202 | $\beta$ Tauri | 1,78 | B 8 | |
| 8 | 485 | 12 Canis ven. | 2,90 | A 0 p | |
| 9 | 228 | $\vartheta$ Aurigae | 2,71 | A 0 p | |
| 10 | 871 | $\alpha$ Pegasi | 2,57 | A 0 | |
| 11 | 1 | $\alpha$ Andromedae | 2,15 | A 0 p | |
| 12 | 227 | $\beta$ Aurigae | 2,07 | A 0 p | Veränderlicher/ Periode: $3^d,96$ |
| 13 | 75 | $\beta$ Trianguli | 3,08 | A 5 | |
| 14 | 656 | $\alpha$ Ophiuchi | 2,14 | A 5 | |
| 15 | 535 | $\gamma$ Bootis | 3,00 | F 0 | |
| 16 | 120 | $\alpha$ Persei | 1,90 | F 5 | |
| 17 | 193 | $\alpha$ Aurigae | 0,21 | G 0 | |
| 18 | 420 | $\psi$ Ursae maj. | 3,15 | K 0 | |
| 19 | 665 | $\beta$ Ophiuchi | 2,94 | K 0 | |
| 20 | 73 | $\gamma$ Andromedae | 2,28 | K 0 | Doppelstern/Abstand: $9'',77$ |
| 21 | 295 | $\beta$ Geminorum | 1,21 | K 0 | |
| 22 | 181 | $\iota$ Aurigae | 2,90 | K 2 | |
| 23 | 74 | $\alpha$ Arietis | 2,23 | K 2 | |
| 24 | 643 | $\pi$ Herculis | 3,36 | K 5 | |
| 25 | 386 | $\mu$ Ursae maj. | 3,21 | K 5 | |
| 26 | 168 | $\alpha$ Tauri | 1,06 | K 5 | |

*5. Beobachtungen.*

Zu Beginn und Ende jedes Beobachtungsabends wurden Temperatur, Barometerstand und relative Feuchtigkeit notiert. Diese Daten wurden durch besondere Bemerkungen über das Aussehen der Sternbildchen, über eventuelle Luftunruhe, Dunst oder Wolken, ferner durch eine allgemeine Schätzung der Himmelsbeschaffenheit vervollständigt. Letztere Schätzung, mit einer fünfteiligen Skala von $H = 5$ bei ausgezeichnetem Himmel bis $H = 1$ bei äußerst mäßigem Himmel, die eigentlich den summarischen Eindruck vom Grade der Durchlässigkeit, der Feuchtigkeit, Luftreinheit und Luftunruhe liefert, erwies sich vor allem mit wachsender Sicherheit dieser Schätzung im Laufe der Beobachtungen als äußerst brauchbar (vgl. Kap. 15).

Die Ablesungen erfolgten erst nach völliger Dunkeladaption des Auges bei einer schwachen roten Beleuchtung, die die Winkeleinstellung am Photo-

[1]) Helligkeiten des Harvard-Kataloges. — [2]) Katalog und Ephemeriden veränderlicher Sterne. — [3]) W. RABE, Beobachtungen von Doppelsternen, Kiel 1930.

Tabelle 2.

| Lfd. Nr. | Nr. im Berl. Jb. | Name | $m$ vis. | Spektrum |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 32 | $\gamma$ Cassiopeiae | 2,25 | B 0 p |
| 2 | 63 | $\varepsilon$ Cassiopeiae | 3,44 | B 3 |
| 3 | 509 | $\eta$ Ursae maj. | 1,91 | B 3 |
| 4 | 202 | $\beta$ Tauri | 1,78 | B 8 |
| 5 | 742 | $\delta$ Cygni | 2,97 | A 0 |
| 6 | 228 | $\iota$ Aurigae | 2,71 | A 0 |
| 7 | 447 | $\gamma$ Ursae maj. | 2,54 | A 0 |
| 8 | 578 | $\alpha$ Coronae | 2,31 | A 0 |
| 9 | 483 | $\varepsilon$ Ursae maj. | 1,68 | A 0 p |
| 10 | 699 | $\alpha$ Lyrae | 0,14 | A 0 |
| 11 | 456 | $\delta$ Ursae maj. | 3,44 | A 2 |
| 12 | 497 | $\zeta$ Ursae maj. | 2,40 | A 2 p |
| 13 | 777 | $\alpha$ Cygni | 1,33 | A 2 p |
| 14 | 75 | $\beta$ Trianguli | 3,08 | A 5 |
| 15 | 48 | $\delta$ Cassiopeiae | 2,80 | A 5 |
| 16 | 2 | $\beta$ Cassiopeiae | 2,42 | F 5 |
| 17 | 120 | $\alpha$ Persei | 1,90 | F 5 |
| 18 | 765 | $\gamma$ Cygni | 2,32 | F 8 p |
| 19 | [1017][1]) | $\zeta$ Herculis | 3,00 | G 0 |
| 20 | 193 | $\alpha$ Aurigae | 0,21 | G 0 |
| 21 | 416 | $\beta$ Ursae maj. | 2,44 | K 0 |
| 22 | 73 | $\gamma$ Andromedae | 2,18 | K 0 |
| 23 | 417 | $\alpha$ Ursae maj. | 1,95 | K 0 |
| 24 | 295 | $\beta$ Geminorum | 1,21 | K 0 |
| 25 | 181 | $\iota$ Aurigae | 2,90 | K 2 |
| 26 | 643 | $\pi$ Herculis | 3,36 | K 5 |
| 27 | 386 | $\mu$ Ursae maj. | 3,21 | K 5 |
| 28 | 676 | $\gamma$ Draconis | 2,42 | K 5 |
| 29 | 550 | $\beta$ Ursae min. | 2,24 | K 5 |
| 30 | 168 | $\alpha$ Tauri | 1,06 | K 5 |

Zu Nr. 5 Doppelstern/Abstand: 2″,05, zu Nr. 15 Algolveränderlicher, zu Nr. 19 Nr. im Nautical Almanaque, zu Nr. 22 Doppelstern/Abstand 9″,77.

meterring gerade noch erkennen ließ. Durch Zuruf wurden die abgelesenen Zahlen einem Anschreiber übermittelt. Die Sternmessungen bestanden aus je acht Einstellungen für jedes der drei Filter (vier Quadrantenablesungen in beiden Umlaufsrichtungen). Die Helligkeitsgleichheit wurde dabei abwechselnd vom hellen und vom dunklen Photometerscheibchen her erreicht. Bei der verwendeten brennpunktnächsten Einstellung (20 mm vom Brennpunkt) war die innere Kreisfläche der Photometerwürfelaussparung etwa gleich groß wie die Fläche des umgebenden Sternscheibchenringes, bei größeren Abständen vom Brennpunkt entsprechend um ein Vielfaches größer. Die günstigste Extrafokal- und Blaukeileinstellung wurde nach Helligkeit und Spektraltyp durch besondere Messungen festgelegt und nach Möglichkeit auch für die Messungen in großen Zenitdistanzen beibehalten. Helligkeitsgleichheit ließ sich für alle Beobachtungs-

[1]) Nummer im Naut. Alm.

objekte herstellen, während völlige Farbübereinstimmung nur für die späten Spektralklassen erreicht wurde, da insbesondere die Energiekurven von Photometerlampe und B- und A-Sternen durch Vorschalten eines gewöhnlichen Blaukeils nicht in genügende Übereinstimmung gebracht werden können. Die durchschnittliche Anzahl der für die erste (Ost-Weststern-)Methode beobachteten Sterne war 2 bis 3 pro Abend in je zwei Höhen, die Zahl der für die zweite (Zenitstern-)Methode beobachteten 7, davon 3 in unterer, 4 in oberer Kulmination. Zu Beginn und Ende oder zwischen den Sternbeobachtungen wurden die photometrische Mire und der Polarstern, beide möglichst dicht hintereinander, durchphotometriert, und zwar zum direkten Anschluß an die Sternmessungen ebenfalls für jedes der drei Filter.

Ein kurzer Auszug aus einem Beobachtungsabend möge als Beispiel den Hergang der Beobachtungen erläutern. (Es sind eine Vergleichsmessung und eine Messung zur Ost-Weststern-Methode aus den 17 Messungen des Abends herausgegriffen.)

1936 März 19. Sternzeit: $8^h\,40^m$; Himmel: 3, Luftunruhe, Horizont diesig; Assmann (trocken): $4^0{,}5$; Assmann (feucht): $2^0{,}2$.

1. Miremessung.
Amperemeter: 0,272.
A: 30 mm; B: 50 mm.

| Filter . . . . . | Blau | Rot | Grün |
|---|---|---|---|
| Sternzeit . . | — | — | — |
| | 13,7 | 24,6 | 21,2 |
| | 14,5 | 23,0 | 22,2 |
| | 14,9 | 26,5 | 20,7 |
| | 15,0 | 26,6 | 23,4 |
| Photometer-amperemeter | 141,2 | 141,5 | 141,5 |
| Sternzeit . . | — | — | — |
| | 14,3 | 24,5 | 21,3 |
| | 16,0 | 25,3 | 22,9 |
| | 16,7 | 27,1 | 22,0 |
| | 14,0 | 25,4 | 24,5 |
| Photometer-amperemeter | 141,3 | 141,5 | 141,4 |
| Mittelwert . . | 14,8 | 25,4 | 22,3 |
| Mittl. Fehler . | ± 1,2 | ± 1,3 | ± 1,3 |
| Amperemeter | 0,272 | | |

2. Messung zur Ost-Weststern-Methode: $\delta$ Persei.
A: 40 mm; B: 35 mm.

| Filter . . . . . | Blau | Rot | Grün |
|---|---|---|---|
| Sternzeit . . | $9^h\,5^m\,32^s$ | $6^m\,40^s$ | $7^m\,48^s$ |
| | 18,5 | 13,4 | 13,3 |
| | 19,0 | 11,5 | 13,4 |
| | 20,5 | 13,2 | 15,4 |
| | 18,5 | 11,7 | 13,5 |
| Photometer-amperemeter | 141,1 | 141,2 | 141,2 |
| Sternzeit . . | $6^m\,5^s$ | $7^m\,12^s$ | $8^m\,15^s$ |
| | 18,8 | 13,5 | 14,7 |
| | 18,9 | 12,5 | 13,7 |
| | 19,5 | 13,9 | 13,5 |
| | 19,9 | 11,6 | 12,2 |
| Photometer-amperemeter | 141,1 | 141,2 | 141,1 |
| Mittelwert . . | 19,2 | 12,6 | 13,7 |
| Mittl. Fehler . | ± 0,7 | ± 1,0 | ± 1,0 |

A = Abstand des Photometerwürfels vom Objekttivbrennpunkt.
B = Blaukeileinstellung.
Ablesung am Photometerring in Graden. Zehntel Grade geschätzt.

Die innere Genauigkeit der Beobachtungen war eine recht gute, wie aus Tabelle 3 ersichtlich ist. Sehr große Sprünge in einer Viererreihe, auf die der Anschreiber aufmerksam machen mußte, da das Gedächtnis nach Möglichkeit ausgeschaltet war, wurden sofort auf ihre Ursache hin untersucht und, soweit sich dies durchführen ließ, beseitigt. Es zeigte sich, daß unerlaubte, d. h. zunächst unerklärliche Schwankungen in der Regel auf starkes Oszillieren der Sterne oder auf schlechte Farbübereinstimmung, in einzelnen Fällen aber, vor allem in Breslau, auf momentane starke Lichtreize der peripheren Netzhaut, also auf physiologische Fehler, zurückzuführen waren. Die Werte in Tabelle 3 beziehen sich auf je acht Einstellungen pro Filter. Die letzte Spalte enthält die Anzahl der Stichproben, aus denen die mittleren Fehler (m. F.) bestimmt wurden. Dieselben sind in Winkel- und Größenklassendifferenz angegeben. Die den Beobachtungen zugrunde gelegte willkürliche Größenklassenskala war so gewählt, daß $90^0 \longleftrightarrow 0^m{,}00$ entsprachen. Die gesuchte Größenklasse ist $m = \sin^2 \varphi$, wo $\varphi$ den Einstellungswinkel bedeutet, dessen Grade abgelesen und dessen Zehntelgrade geschätzt wurden.

Tabelle 3. Durchschnittlicher m. F. der einzelnen Beobachtungen (8 Ablesungen) für verschiedene Winkelintervalle.

| Intervall des abgelesenen Winkels | Blaues Filter | | Grünes Filter | | Rotes Filter | | Anzahl der Stichproben pro Filter | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $5^0 - 10^0$ | $0^0{,}8$ | $0^m{,}20$ | $0^0{,}9$ | $0^m{,}23$ | $0^0{,}9$ | $0^m{,}23$ | 7 | 5 | 3 |
| 10 — 20 | 0,9 | 0,13 | 1,0 | 0,14 | 1,0 | 0,14 | 38 | 50 | 50 |
| 20 — 30 | 1,1 | 0,08 | 1,1 | 0,08 | 1,1 | 0,08 | 50 | 50 | 50 |
| 30 — 40 | 1,3 | 0,07 | 1,4 | 0,08 | 1,3 | 0,07 | 47 | 42 | 42 |
| 40 — 50 | 1,7 | 0,06 | 1,9 | 0,07 | 1,7 | 0,06 | 50 | 48 | 46 |
| 50 — 60 | 3,0 | 0,08 | 3,1 | 0,08 | 2,8 | 0,07 | 5 | 5 | 3 |

Sämtliche m. F. sind bestimmt aus Beobachtungsabenden mit mittlerem Gewicht, d. h. für $H = 3$. Die Angabe des m. F. in Größenklassen entspricht der Mitte jedes Winkelintervalles. Die Streuung des aus den Stichproben bestimmten m. F. ist für $10^0$ bis $50^0 = 11\,\%$ für Rot und $15\,\%$ für Blau und Grün.

Durch die Änderungsmöglichkeit der Entfernung des Photometerwürfels vom Objektivbrennpunkt konnten die Helligkeiten sämtlicher Beobachtungsobjekte soweit einander angenähert werden, daß die Einstellungen am Photometerring auf Winkel zwischen 10 und $50^0$ beschränkt blieben, was wegen der schnellen Abnahme der Einstellgenauigkeit außerhalb dieser Grenzen erforderlich ist. Winkeleinstellungen unter $10^0$ wurden

jedoch noch aus zwei weiteren Gründen vermieden: Erstens tritt bekanntlich bei sehr schwachen Helligkeiten der Purkinje-Effekt in Erscheinung, außerdem aber entsprach die Nullpunkteinstellung der Photometerlampe nicht völliger Dunkelheit, sondern ein durch die Apparatur verursachtes Streulicht ergab eine gewisse Resthelligkeit, die sich nicht völlig beseitigen ließ, die aber nach speziellen Untersuchungen unter der durchschnittlichen (mondfreien) Himmelsgrundhelligkeit blieb. Letztere wurde bei der Reduktion nicht berücksichtigt, da ihr Helligkeitsbetrag innerhalb der Fehlergrenze blieb, so daß der Einfluß der durch das Streulicht bedingten Fehlerquelle, in Hinblick auf die erzielte Genauigkeit der Messungen, erst recht verschwindet. Eine kurze Zusammenstellung mag dies verdeutlichen:

Tabelle 4.

| | Winkelablesung | m. F. | Anzahl der Messungen | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| Himmelgrundhelligkeit (mondfrei) . . . . . | 3°5 | ± 3°0 | 20 | 2 Abende |
| Streulichthelligkeit . . . | 1,8 | ± 1,0 | 10 | 1 Abend |

Helligkeitsmessungen *ohne* Filter.

### 6. *Instrumentelle Konstanten.*

Die Bestimmung der zur Reduktion notwendigen Instrumentalkonstanten umfaßte folgende Untersuchungen:

a) Die Abhängigkeit der Photometerhelligkeit von der Stromstärke. Es ergab sich eine Helligkeitsänderung von $0^m,049 \pm 0{,}006$ pro Skalenteil des Amperemeters (Mittelwert für die drei Filter). Die größte Abweichung von der mittleren Amperemetereinstellung betrug drei Skalenteile. Die Schwankungen eines Abends blieben durchschnittlich zwischen $^1/_{10}$ und $^6/_{10}$ Skalenteilen.

b) Die Abhängigkeit der Photometerhelligkeit von der Blaukeileinstellung. Die Messungen lieferten eine Absorption pro Millimeter von $0^m,029 \pm 0{,}002$ für Blau, $0.049 \pm 0{,}004$ für Rot und $0^m,040 \pm 0{,}003$ für Grün.

c) Die Abhängigkeit der Flächenhelligkeit des Sterns vom „Auszug" (d. h. Abstand des Photometerwürfels vom Objektivbrennpunkt). Diese Untersuchung bestätigte keineswegs eine Helligkeitsabnahme mit dem Quadrat der Entfernung, vielmehr ergaben die zahlreichen, unter sehr unterschiedlichen Bedingungen ausgeführten Messungen wesentlich größere, für die drei Filter etwas verschiedene Beträge. Tabelle 5 gibt eine Zu-

sammenstellung der berechneten und der beobachteten Werte. Zum Anschluß an die bei „Auszug" 30 (Abstand = 30 mm) gemachten Miremessungen wurden sämtliche bei verschiedenen Auszügen beobachteten Sternhelligkeiten auf diesen umgerechnet, wobei die beobachteten Werte eingesetzt wurden. Der quadratische Ansatz liefert:

$$m_{30} = m_x - 5 \cdot \lg\left(\frac{x}{30}\right),$$

wo $x = (20)$, 40 und 50 mm sein kann. (Auszug 20 wurde nur für einige besondere Miremessungen verwendet.)

Tabelle 5. Helligkeitskorrektionen $\Delta m$ auf Auszug: 30.

| Auszug | $\Delta m$ Blaues Filter | | $\Delta m$ Grünes Filter | | $\Delta m$ Rotes Filter | | Beob.—Rechnung | | | Anzahl der Beobachtungen pro Filter (je 8 Ablesungen) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | beob. | ber. | beob. | ber. | beob. | ber. | blau | grün | rot | |
| 50 | $-1^m,520$ | $-1^m,144$ | $-1^m,450$ | $-1,144$ | $-1^m,410$ | $-1^m,144$ | $+0^m,38$ | $+0^m,31$ | $+0^m,27$ | 43 |
| | $\pm 0,046$ | | $\pm 0,036$ | | $\pm 0,039$ | | — | — | — | |
| 40 | $-0,900$ | $-0,646$ | $-0,850$ | 0,646 | $-0,830$ | $-0,646$ | $+0,25$ | $+0,20$ | $+0,18$ | 59 |
| | $\pm 0,038$ | | $\pm 0,024$ | | $\pm 0,029$ | | — | — | — | |

d) Abhängigkeit der Mirehelligkeit von der Stromstärke. Die Helligkeitsänderung pro hundertstel Ampere betrug $0^m,027 \pm 0,005$. (Mittelwert für die drei Filter). Im allgemeinen ließ sich die Stromstärke der Mire bis auf Abweichungen von 0,002 Amp. konstant halten.

e) Die effektiven Wellenlängen der drei verwendeten Filter. Diese wurden von Dr. Skoberla[1]) am Spektralphotometer des Physikalischen Instituts der Breslauer Universität untersucht. Er bestimmte ihre effektiven Wellenlängen (Tabelle 6), führte die Multiplikation: Durchlässigkeit der Farbgläser mal Augenempfindlichkeit durch und berechnete die aus diesem Produkt resultierenden effektiven Wellenlängen.

Tabelle 6.

| Filter | $\lambda_{eff}$ des Filters | $\lambda_{eff}$ von Filter + Normalauge |
|---|---|---|
| blau . . . . | 470 mμ | 512 mμ |
| grün . . . | 527 „ | 543 „ |
| rot . . . . | 644 „ | 599 „ |

[1]) P. Skoberla, ZS. f. Astrophys. **11**, 1, 1935.

### 7. *Die photometrische Mire.*

a) Jede Helligkeitsmessung am Himmel ist mit dem Fehler der Extinktion behaftet, dessen Eliminierung eine genaue Bestimmung dieser so sehr veränderlichen Größe voraussetzt. Diese ist meistens unmöglich, weil sie zeitraubend ist und sich auf einen anderen Moment bezieht, als die zu korrigierende Beobachtung. Die Verwendung einer künstlichen Vergleichslichtquelle, die unabhängig von atmosphärischen Faktoren und von ausreichender Konstanz ist, wäre für die Reduktion weit auseinanderliegender Beobachtungen bei manchen Untersuchungen von Bedeutung. Eine einmalige Messung ihrer Helligkeit zu Beginn und Ende oder auch während der Beobachtungen reicht z. B. vollkommen zur Überwachung der wesentlich stärker beanspruchten Photometerlampe aus.

Beobachtungen mit künstlichen Vergleichssternen sind häufig gemacht worden, jedoch wurde ihre Verwendbarkeit für visuelle Extinktionsbestimmungen dieser Gattung bisher noch nicht geprüft. Die Anregung zu dieser speziellen Untersuchung gab Prof. E. SCHOENBERG.

Die Namengebung „photometrische Mire" geschah in Anlehnung an die beim Meridiankreis zur Kontrolle von Azimutfehlern verwendeten künstlichen Vergleichssterne, die Meridianmiren.

Selbstverständliche Vorbedingungen für die Brauchbarkeit einer solchen Vergleichslampe sind: 1. Konstanz in Stromstärke und Spannung, 2. möglichst geschickte Anpassung in Helligkeit und Farbe an das zu beobachtende Sternmaterial, 3. Ausschaltung aller Veränderungsmöglichkeiten von Helligkeit und Farbe, die beispielsweise durch Verschiebung der Mirevorrichtung, durch Lageveränderung der vorgeschalteten Linsen und Mattgläser, durch Tau- und Frostbildung usw. gegeben sind. Bei der praktischen Durchführung dieser Untersuchung waren diese drei Bedingungen nach Möglichkeit erfüllt: die Konstanz von Stromstärke und Spannung wurde in der schon eingangs erwähnten Weise erhalten, die Übereinstimmung von Helligkeit und Farbe wurde durch Vorschalten geeigneter Mattgläser und geeigneter Blaukeileinstellung erreicht, und spontan auftretende Veränderungen wurden auf die obengenannten Ursachen hin sofort untersucht.

Die ersten Untersuchungen scheiterten an folgender Schwierigkeit: Die in den ersten drei Monaten verwendete, eigens hierzu von den Osramwerken bestellte Kohlenfadenlampe wies irreguläre, kurzfristige Schwankungen auf, die sich nicht durch instrumentelle Fehler erklären ließen. Es wurde daher eine gewöhnliche Metallfadenlampe (dieselbe wie im Photometer) eingesetzt, deren Konstanz zunächst völlig ausreichend schien. Die

erste Sichtung eines Teiles des Beobachtungsmaterials zeigte, daß die im Vergleich zur Photometerlampe wesentlich geringer beanspruchte Mire während kürzerer Beobachtungsepochen mit gleicher Helligkeit brannte. Gleichwohl erschien es unvermeidbar, daß sich allmähliche Spannungsänderungen der Mire nach einer Reihe von Monaten durch geringfügige Helligkeitsänderungen bemerkbar machen mußten. Auf die Zwischenschaltung eines Voltmeters während der Helligkeitsmessungen mußte aus instrumentellen Gründen verzichtet werden. (Nur für die letzte Beobachtungszeit, März bis Mai 1936, liegen Spannungsmessungen des Mirestromkreises vor und nach der Photometrierung vor, die die aus den visuellen Messungen folgende Unveränderlichkeit der Mire während mehrerer Beobachtungsabende bestätigen.)

Die aus den Miremessungen folgenden Resultate gestatten also eine direkte Aussage über den Verlauf der Photometerhelligkeit während einiger Wochen, wie es für die Auswertung der nach der Ost-Weststern-Methode durchgeführten Beobachtungen auch vollauf genügte. Die Reduktion der sich über mehrere Monate erstreckenden Beobachtungen zur Zenitsternmethode war dagegen erschwert. Die abgeleitete Photometerkorrektion mußte durch Überlagerung der Spannungsänderungen der Mire verfälscht sein.

b) *Polarstern.* Aus diesem Grunde wurden Polarsternmessungen mit in das Programm aufgenommen, die nach Möglichkeit direkt im Anschluß an die Miremessungen und während der Sternbeobachtungen gemacht wurden. Sie dienten gleichzeitig als von der Mire unabhängige Vergleichssternmessungen für die Extinktionsbeobachtungen. Erst ein Vergleich ihrer Photometerkorrektionen mit den aus der Mire abgeleiteten erlaubte einen exakten Schluß auf die Konstanz der Mire für kurze Beobachtungsepochen. Die Zwischenschaltung von Polarsternmessungen zeigt natürlich, daß die hier verwendete Mireeinrichtung ihren Zweck nicht ideal erfüllte. Es ist daher vorzuschlagen, daß bei einer weiteren Verwendung einer Mire, nach der Erfahrung dieser Arbeit, durch sorgfältige Wahl der Lampe und des Ampere- und Voltmeters eine unbedingte Gleichhaltung von Stromstärke und Spannung mit Hilfe eines regulierbaren Widerstandes für beliebig lange Zeit erzielt werden muß, wofern man nicht eine direkte Ableitung der Abhängigkeit der Helligkeit von der Wattzahl vorzieht, die dann jederzeit die Mirehelligkeit zu korrigieren gestattet. Prinzipiell bedeutet jedoch die Einführung einer Mire eine wesentliche Erleichterung bzw. Verbesserung bei photometrischen Messungen aller Art.

Notwendig für die Verwendung von Polarsternmessungen war selbstverständlich eine besonders sorgfältige Reduktion der beobachteten Helligkeiten. Diese wurden deshalb außer auf einheitlichen Auszug, einheitliche Blaukeil- und Amperemetereinstellung der Photometerlampe auch wegen Lichtphase von Polaris[1]) (Periode = $3^{d}_{,}968\,78$, $m_{\mathrm{Max}} - m_{\mathrm{Min}} = -0^{m}_{,}125$, Maximum = J. D. m. Z. Gr. ○ 2424894,82) wegen mittlerer Extinktion (mittlere Extinktionstabelle für Potsdam[2]) und bei Abenden mit nicht durchschnittlichen atmosphärischen Bedingungen wegen individueller Extinktion korrigiert. Diese war aus der Ost-Weststern-Methode bestimmt. (Vgl. Kap. 10, Tabelle 11a und 11b.)

*8. Reduktion.*

Nachdem die zur Reduktion erforderlichen Korrektionen an die Einzelbeobachtungen angebracht waren, galt es nun zur Ermittlung des wahren Verlaufs der Mirehelligkeit die sich überlagernden Spannungsänderungen von Mire- und Photometerlampe zu trennen und ferner für die langfristige Zenitsternmethode die Photometerkorrektionen wegen Spannungsänderung zu bestimmen. Für die Ableitung der wahren Mirehelligkeit wurde folgendes Verfahren eingeschlagen: Nach der Durchführung der Reduktion der Polarsternmessungen wurde die Differenz: Mittlere Mirehelligkeit minus mittlere Polarsternhelligkeit, also $m_M - m_P$ gebildet, wobei zur rechnerischen Vereinfachung das arithmetische Mittel aus den drei Filterwerten gewählt wurde. Durch diese Differenz wird der Einfluß der Photometerschwankungen eliminiert. Sie stellt den wahren Verlauf der Mirehelligkeit während beider Beobachtungsepochen dar (Abb. 1, Kurve 3). (Kurve 1 und 2 zeigen den Verlauf der direkt beobachteten Mire- und Polarsternhelligkeiten.)

Das Ergebnis ist in Anbetracht der ausgedehnten Beobachtungsepochen (April bis August 1935 und September 1935 bis Mai 1936) leidlich befriedigend. Es zeigt sich, daß die Mirelampe in den ersten zwei Monaten an Helligkeit zunahm, dann eine Weile nahezu konstant blieb, um im Verlauf der Belkawer Beobachtungsepoche langsam und mit einigen Schwankungen, die zum Teil durch Frost verursacht sein mochten, an Helligkeit einzubüßen. Die scheinbar willkürliche Hindurchlegung dieser Kurve durch die Beobachtungspunkte ist berechtigt aus zwei Annahmen, nämlich erstens, daß Anlaß zu sprunghaften Änderungen der Mire bzw. der Photometerlampe bei der Überwachung und Konstanthaltung der Stromstärke nicht besteht,

[1]) N. FLORJA, Lichtwechsel von Polaris, A. N. **256**, Nr. 3136. —
[2]) E. SCHOENBERG, Theoretische Photometrie, Handb. d. Astrophys. II/1, g; Tafel Xa.

zweitens, daß bei der durchschnittlichen Streuung von einigen Hunderstel Größenklassen für die gesamten Mire- und die Polarsternmessungen eines Abends Änderungen in der Größenordnung von ein Zehntel Größenklasse

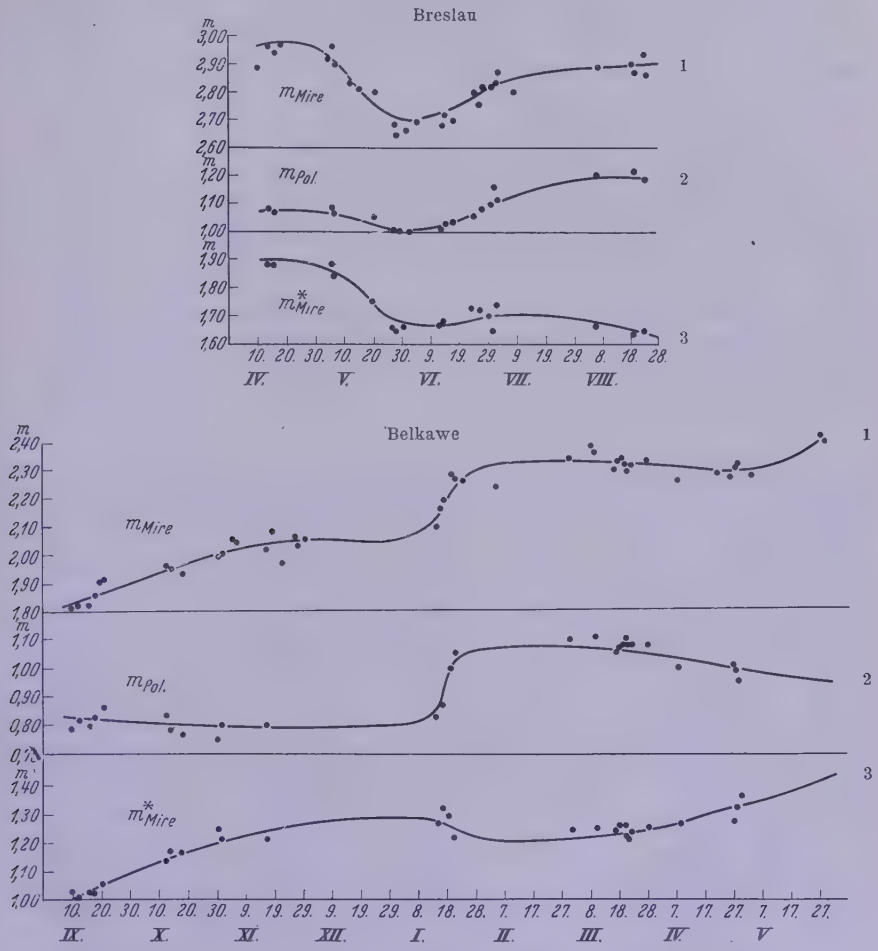


Abb. 1. (Zu den Tabellen 7b und c.)

als reell angesehen werden müssen. (Für Belkawe war eine neue Photometerlampe eingesetzt und zugleich die Anordnung der Instrumente abgeändert worden, was eine getrennte Durchführung der Photometerkorrektionen für Breslau und Belkawe und in Hinblick auf die Zenitstern-Methode die unabhängige Bestimmung der Zenithelligkeiten für beide Orte bedingte.)

Die Photometerkorrektionen für die Zenitstern-Methode wurden aus der Polarsternkurve (Abb. 1, Kurve 2) unter Annahme konstanter Polarsternhelligkeit entnommen. Hiernach blieb die Photometerhelligkeit in Breslau leidlich konstant, in der Belkawer Epoche zeigt sich gegen Ende eine Zunahme unregelmäßiger Schwankungen, die die Ableitung der Korrektionen erschweren. Am ausgeprägtesten ist die starke Änderung innerhalb weniger Tage im Januar 1936.

Wegen der Unbrauchbarkeit der ersten mit der Kohlenfadenlampe ausgeführten Miremessungen liegen für die erste Epoche keine Werte für den wahren Verlauf der Mirehelligkeit vor. Tabelle 7a enthält die für diese Monate aus den Polarsternbeobachtungen abgeleiteten Photometerkorrektionen. Tabelle 7b für Breslau bzw. 7c für Belkawe enthält folgende Werte: Beobachtungsdatum, Mirehelligkeit und Polarsternhelligkeit pro Abend, Differenz Mire minus Polarstern = wahre Mirehelligkeit, ferner die der direkten Polarsternkurve entnommenen Photometerkorrektionen und schließlich die Anzahl und m. F. der Polarsternmessungen pro Abend.

Tabelle 7a. Photometerkorrektionen $\Delta m$ für Breslau (31. Mai 1934 bis 5. April 1935). (Aus Polarsternhelligkeiten graphisch abgeleitet.)

| Lfd. Nr. | Datum | $m_{\text{Pol.}}$ | m. F. [1] | $N$ [2] | $\Delta m_{\text{Pol.}}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 31. Mai | $0^m,89$ | $\pm 0^m,09$ | 1 | $+0^m,07$ |
| 2 | 1. Juni | 1,01 | $\pm 0,03$ | 2 | $+0,06$ |
| 3 | 6. Juni | 1,03 | $\pm 0,05$ | 2 | $+0,05$ |
| 4 | 13. Juni | 1,11 | $\pm 0,06$ | 2 | $+0,04$ |
| 5 | 15. Juni | 1,07 | $\pm 0,03$ | 3 | $+0,04$ |
| 6 | 17. Juni | 1,04 | $\pm 0,06$ | 2 | $+0,03$ |
| 7 | 23. Juni | 1,05 | $\pm 0,05$ | 2 | $+0,01$ |
| 8 | 8. Juli | 1,14 | $\pm 0,04$ | 2 | $-0,03$ |
| 9 | 11. Juli | 1,18 | $\pm 0,07$ | 1 | $0,04$ |
| 10 | 18. Juli | 1,11 | $\pm 0,10$ | 1 | $-0,04$ |
| 11 | 24. August | 1,13 | $\pm 0,06$ | 1 | $-0,04$ |
| 12 | 30. August | 1,20 | $\pm 0,04$ | 2 | $-0,04$ |
| 13 | 9. September | 1,14 | $\pm 0,07$ | 1 | $-0,04$ |
| 14 | 15. September | 1,10 | $\pm 0,05$ | 2 | $-0,04$ |
| 15 | 16. September | 1,15 | $\pm 0,04$ | 2 | $-0,04$ |
| 16 | 29. September | 1,16 | $\pm 0,11$ | 1 | $-0,04$ |
| 17 | 2. Oktober | 1,09 | $\pm 0,04$ | 2 | $-0,04$ |
| 18 | 5. Oktober | 1,12 | $\pm 0,09$ | 1 | $-0,04$ |
| 19 | 6. März | 0,96 | $\pm 0,04$ | 3 | $+0,05$ |
| 20 | 10. März | 0,94 | $\pm 0,06$ | 2 | $+0,05$ |
| 21 | 11. März | 1,02 | $\pm 0,05$ | 1 | $+0,04$ |
| 22 | 22. März | 1,08 | $\pm 0,09$ | 1 | $+0,04$ |
| 23 | 5. April | 1,04 | $\pm 0,03$ | 4 | $+0,04$ |

[1]) m. F. = mittlerer Fehler der Beobachtungen pro Abend. — [2]) $N$ = Anzahl der Messungen pro Abend (je $3 \times 8$ Ablesungen).

Diejenigen Miremessungen, die an photometrisch unbrauchbaren Abenden durchgeführt wurden, oder für die die Polarsternmessungen wegen zunehmender Verschlechterung der Luftdurchlässigkeit nicht verwertet werden konnten, sind zur Kontrolle des Verlaufs der Photometerhelligkeit in Kurve 1 mit eingetragen und entsprechend in den Tabellen angegeben. Die m. F. der abendlichen Miremessungen lagen zwischen 3 und 5 hundertstel Größenklassen.

Tabelle 7b. Wahre Mirehelligkeit und Photometerkorrektionen (graphisch abgeleitet) für Breslau (10. April bis 23. August 1935).

| Lfd. Nr. | Datum | $m_{\text{Mire}}$ | $m_{\text{Pol.}}$ | m. F. | $m_M - m_P = m_M^{*}$ [1] | $\Delta m_{\text{Pol.}}$ | $N_{\text{Pol.}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10. April | $+2^{\text{m}},89$ | — | — | — | — | — |
| 2 | 13. April | $+2,96$ | $+1^{\text{m}},08$ | $\pm 0^{\text{m}},08$ | $+1^{\text{m}},88$ | $0^{\text{m}},00$ | 2 |
| 3 | 15. April | $+2,95$ | $+1,07$ | $\pm 0,06$ | $+1,88$ | $0,00$ | 2 |
| 4 | 17. April | $+2,97$ | — | — | — | — | — |
| 5 | 4. Mai | $+2,92$ | — | — | — | — | — |
| 6 | 5. Mai | $+2,96$ | $+1,08$ | $\pm 0,06$ | $+1,88$ | $+0,01$ | 2 |
| 7 | 6. Mai | $+2,90$ | $+1,06$ | $\pm 0,07$ | $+1,84$ | $+0,01$ | 2 |
| 8 | 11. Mai | $+2,83$ | — | — | — | — | — |
| 9 | 20. Mai | $+2,80$ | $+1,05$ | $\pm 0,09$ | $+1,75$ | $+0,05$ | 2 |
| 10 | 27. Mai | $+2,67$ | $+1,01$ | $\pm 0,05$ | $+1,66$ | $+0,07$ | 2 |
| 11 | 28. Mai | $+2,65$ | $+1,00$ | $\pm 0,09$ | $+1,65$ | $+0,07$ | 1 |
| 12 | 31. Mai | $+2,66$ | $+1,00$ | $\pm 0,11$ | $+1,66$ | $+0,07$ | 1 |
| 13 | 4. Juni | $+2,69$ | — | — | — | — | — |
| 14 | 13. Juni | $+2,68$ | $+1,01$ | $\pm 0,06$ | $+1,67$ | $+0,06$ | 2 |
| 15 | 14. Juni | $+2,71$ | $+1,03$ | $\pm 0,05$ | $+1,68$ | $+0,05$ | 2 |
| 16 | 17. Juni | $+2,70$ | — | — | — | — | — |
| 17 | 24. Juni | $+2,78$ | $+1,05$ | $\pm 0,06$ | $+1,73$ | $+0,01$ | 2 |
| 18 | 26. Juni | $+2,74$ | — | — | — | — | — |
| 19 | 27. Juni | $+2,80$ | $+1,08$ | $\pm 0,08$ | $+1,72$ | $0,00$ | 1 |
| 20 | 30. Juni | $+2,80$ | $+1,10$ | $\pm 0,05$ | $+1,70$ | $-0,01$ | 2 |
| 21 | 1. Juli | $+2,81$ | $+1,16$ | $\pm 0,06$ | $+1,65$ | $-0,02$ | 2 |
| 22 | 2. Juli | $+2,85$ | $+1,11$ | $\pm 0,08$ | $+1,74$ | $-0,02$ | 2 |
| 23 | 8. Juli | $+2,78$ | — | — | — | — | — |
| 24 | 6. August | $+2,87$ | $+1,20$ | $\pm 0,12$ | $+1,67$ | $-0,12$ | 1 |
| 25 | 18. August | $+2,88$ | — | — | — | — | — |
| 26 | 19. August | $+2,85$ | $+1,21$ | $\pm 0,08$ | $+1,64$ | $-0,12$ | 2 |
| 27 | 22. August | $+2,92$ | — | — | — | — | — |
| 28 | 23. August | $+2,84$ | $+1,19$ | $\pm 0,06$ | $+1,65$ | $-0,12$ | 2 |

Für die Helligkeit der Sterne, die zur Extinktionsbestimmung nach der Ost-Weststern-Methode dienten, erübrigte sich die Anbringung von Korrektionen, da diese Beobachtungen ja im Laufe eines Abends abgeschlossen wurden und somit unter gleichen instrumentellen Bedingungen

[1] $m_M^{*}$ = wahre Mirehelligkeit.

Tabelle 7c. Wahre Mirehelligkeit und Photometerkorrektionen (graphisch abgeleitet) für Belkawe (10. September 1935 bis 28. Mai 1936).

| Lfd. Nr. | Datum | $m_{\text{Mire}}$ | $m_{\text{Pol.}}$ | m. F. | $m_M - m_P = m_M^*$ | $\Delta m_{\text{Pol.}}$ | $N_{\text{Pol.}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10. Sept. | $+1^m,81$ | $+0^m,79$ | $\pm 0^m,07$ | $+1^m,02$ | $+0^m,12$ | 1 |
| 2 | 12. Sept. | +1,82 | +0,81 | ±0,07 | +1,01 | +0,12 | 2 |
| 3 | 16. Sept. | +1,82 | +0,80 | ±0,08 | +1,02 | +0,12 | 1 |
| 4 | 18. Sept. | +1,85 | +0,83 | ±0,07 | +1 02 | +0,12 | 1 |
| 5 | 20. Sept. | +1,90 | — | — | — | — | — |
| 6 | 21. Sept. | +1,91 | +0,86 | ±0,06 | +1,05 | +0,12 | 2 |
| 7 | 13. Oktober | +1,96 | +0,83 | ±0,03 | +1,13 | +0,15 | 2 |
| 8 | 14. Oktober | +1,94 | +0,78 | ±0,09 | +1,16 | +0,15 | 1 |
| 9 | 18. Oktober | +1,93 | +0,77 | ±0,08 | +1,16 | +0,15 | 2 |
| 10 | 31. Oktober | +1,99 | +0,75 | ±0,05 | +1,24 | +0,15 | 2 |
| 11 | 1. Nov. | +2,00 | +0,80 | ±0,05 | +1,21 | +0,15 | 2 |
| 12 | 5. Nov. | +2,05 | — | — | — | — | — |
| 13 | 6. Nov. | +2,04 | — | — | — | — | — |
| 14 | 17. Nov. | +2,01 | +0,80 | ±0,08 | +1,21 | −0,15 | 1 |
| 15 | 19. Nov. | +2,08 | — | — | — | — | — |
| 16 | 22. Nov. | +1,97 | — | — | — | — | — |
| 17 | 27. Nov. | +2,06 | — | — | — | — | — |
| 18 | 28. Nov. | +2,02 | — | — | — | — | — |
| 19 | 30. Nov. | +2,05 | — | — | — | — | — |
| 20 | 16. Januar | +2,10 | +0,83 | ±0,06 | +1,27 | +0,11 | 1 |
| 21 | 17. Januar | +2,16 | — | — | — | — | — |
| 22 | 18. Januar | +2,19 | +0,87 | ±0,07 | +1,32 | +0,07 | 2 |
| 23 | 20. Januar | +2,28 | +0,99 | ±0,12 | +1,29 | −0,05 | 2 |
| 24 | 21. Januar | +2,27 | +1,05 | ±0,04 | +1,22 | −0,11 | 1 |
| 25 | 23. Januar | +2,25 | — | — | — | — | — |
| 26 | 4. Febr. | +2,24 | — | — | — | — | — |
| 27 | 1. März | +2,34 | +1,10 | ±0,10 | +1,24 | −0,16 | 1 |
| 28 | 9. März | +2,39 | — | — | — | — | — |
| 29 | 10. März | +2,36 | +1,11 | ±0,03 | +1,25 | −0,15 | 6 |
| 30 | 17. März | +2,30 | +1,06 | ±0,06 | +1,24 | −0,14 | 6 |
| 31 | 18. März | +2,33 | +1,07 | ±0,04 | +1,26 | −0,14 | 6 |
| 32 | 19. März | +2,34 | +1,08 | ±0,05 | +1,26 | −0,14 | 3 |
| 33 | 20. März | +2,32 | +1,10 | ±0,08 | +1,22 | −0,13 | 6 |
| 34 | 21. März | +2,29 | +1,08 | ±0,03 | +1,21 | −0,12 | 8 |
| 35 | 22. März | +2,32 | +1,08 | ±0,04 | +1,24 | −0,11 | 10 |
| 36 | 28. März | +2,33 | +1,08 | ±0,06 | +1,25 | −0,09 | 2 |
| 37 | 8. April | +2,26 | +1,00 | ±0,08 | +1,26 | −0,05 | 2 |
| 38 | 22. April | +2,29 | — | — | — | — | — |
| 39 | 27. April | +2,28 | +1,01 | ±0,05 | +1,27 | −0,04 | 4 |
| 40 | 28. April | +2,31 | +0,99 | ±0,04 | +1,32 | −0,04 | 6 |
| 41 | 29. April | +2,32 | +0,96 | ±0,04 | +1,36 | −0,04 | 6 |
| 42 | 4. Mai | +2,28 | — | — | — | — | — |
| 43 | 28. Mai | +2,42 | +0,99 | ±0,03 | +1,43 | −0,04 | 6 |
| 44 | 29. Mai | +2,40 | +0,98 | ±0,05 | +1,42 | −0,04 | 2 |

durchgeführt werden konnten. Insbesondere ließen sich Änderungen der Blaukeileinstellung bei dieser Methode vermeiden, indem für die horizontnahen Beobachtungen nur Zenitdistanzen zwischen 65 und $80^0$ und ent-

sprechend für die zenitnahen nur solche zwischen 40 und $65^0$ gewählt wurden. Bei diesen Zenitdistanzen war der Unterschied der Rotfärbung nicht merkbar.

An die Helligkeiten der Sterne für die Zenitsternmethode mußten indessen sämtliche Korrektionen angebracht werden, und zwar sowohl an die Zenithelligkeiten als auch an die in unterer Kulmination beobachteten. Die Helligkeiten in oberer Kulmination, also in Zenitnähe, wurden unter Anbringung geringfügiger Korrektionen wegen mittlerer Extinktion auf den Zenit reduziert, die Messungsergebnisse der einzelnen Abende zusammengestellt und unter Berücksichtigung der Streuung der Einzelwerte die mittleren Zenithelligkeiten bestimmt (vgl. Kap. 9, Tabelle 8a und 8b). Erst aus diesen durch Mittelwertbildung gewonnenen Zenithelligkeiten und den einige Monate später in Horizontnähe beobachteten Helligkeiten derselben Sterne (Zenitdistanzen zwischen 55 und $80^0$) konnte in oben beschriebener Weise für die letzteren Abende der Transmissionskoeffizient $p$ berechnet werden.

Die Anwendung der Zenitsternmethode setzt voraus, daß in unmittelbarer Umgebung des Zenits der Unterschied der Extinktion in Größenklassen selbst bei Abenden sehr verschiedener Güte gering ist, so daß der Wert der aus mehreren Abenden ermittelten Zenithelligkeiten der mittleren Durchlässigkeit im Zenit entspricht. Diesen Befund haben die Zenitbeobachtungen bestätigt, insofern als die Streuung der resultierenden Zenithelligkeiten im Verhältnis zur Beobachtungsgenauigkeit gering ist. (Vgl. Kap. 9.)

## *9. Zenithelligkeiten.*

Unabhängig von ihrer Verwertung zur Extinktionsbestimmung stellen nun die Zenithelligkeiten ein gesondertes Beobachtungsergebnis der Arbeit dar. Sie bilden für die beiden Beobachtungsinstrumente in Breslau und Belkawe und für die gegebene Photometerapparatur in ihrer Gesamtheit ein individuelles Helligkeitssystem. Dieses gestattet, an das Harvardsystem angeschlossen, jederzeit eine schnelle Reduktion von beobachteten Helligkeiten auf die internationalen Helligkeiten. Eine Einschränkung seiner Verwendbarkeit besteht lediglich darin, daß bei weiteren Beobachtungen die gleiche Apparatur benötigt wird, und daß die an den Beobachter gebundenen physiologischen Fehler, die stets bei ungleich guter Farbübereinstimmung auftreten und die im allgemeinen bei visuell gewonnenen Helligkeitssystemen unvermeidbar sind, individuelle Korrektionen bei

Tabelle 8a (für Breslau). Zenithelligkeiten.

| Lfd. Nr. | Name | $m_{vis.}$ Harvard | Spektrum | $m_{blau}$ | m. F. [1] | $m_{grün}$ | m. F. | $m_{rot}$ | m. F. | $n$ [2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\lambda_{eff} = 512\ m\mu$ | | $\lambda_{eff} = 543\ m\mu$ | | $\lambda_{eff} = 599\ m\mu$ | | |
| 1 | $\gamma$ Cass | $+2^m,25$ | B 0 p | $+0^m,02$ | $\pm 0^m,03$ | $+0^m,87$ | $\pm 0^m,04$ | $+1^m,14$ | $\pm 0^m,04$ | 2 |
| 2 | $\varepsilon$ Cass | +3,44 | B 3 | +1,18 | ±0,06 | +1,99 | ±0,06 | +2,36 | ±0,05 | 2 |
| 3 | $\eta$ Urs maj. | +1,91 | B 3 | −0,35 | ±0,02 | +0,53 | ±0,02 | +0,76 | ±0,01 | 7 |
| 4 | $\beta$ Tau | +1,78 | B 8 | −0,23 | ±0,04 | +0,56 | ±0,05 | +0,81 | ±0,03 | 4 |
| 5 | $\delta$ Cyg | +2,97 | A 0 | +0,82 | ±0,01 | +1,60 | ±0,02 | +1,84 | ±0,01 | 7 |
| 6 | $\vartheta$ Aur | +2,71 | A 0 | +0,63 | ±0,05 | +1,33 | ±0,08 | +1,60 | ±0,07 | 2 |
| 7 | $\gamma$ Urs maj. | +2,54 | A 0 | +0,48 | ±0,02 | +1,10 | ±0,03 | +1,49 | ±0,03 | 6 |
| 8 | $\alpha$ Cor bor. | +2,31 | A 0 | +0,21 | ±0,04 | +0,89 | ±0,02 | +1,15 | ±0,04 | 5 |
| 9 | $\varepsilon$ Urs maj. | +1,68 | A 0 p | −0,16 | ±0,05 | +0,36 | ±0,05 | +0,68 | ±0,03 | 5 |
| 10 | $\alpha$ Lyr | +0,14 | A 0 | −1,61 | ±0,06 | −1,05 | ±0,04 | −0,77 | ±0,04 | 5 |
| 11 | $\delta$ Urs maj. | +3,44 | A 2 | +1,38 | ±0,02 | +2,06 | ±0,03 | +2,43 | ±0,02 | 5 |
| 12 | $\zeta$ Urs maj. | +2,40 | A 2 p | +0,54 | ±0,01 | +1,11 | ±0,02 | +1,37 | ±0,02 | 5 |
| 13 | $\alpha$ Cyg | +1,33 | A 2 p | −0,65 | ±0,01 | +0,08 | ±0,01 | +0,39 | ±0,01 | 7 |
| 14 | $\beta$ Tri | +3,08 | A 5 | +1,18 | ±0,04 | +1,81 | ±0,05 | +2,05 | ±0,05 | 2 |
| 15 | $\delta$ Cass | +2,80 | A 5 | +0,96 | ±0,03 | +1,57 | ±0,05 | +1,78 | ±0,04 | 4 |
| 16 | $\beta$ Cass | +2,42 | F 5 | +0,70 | ±0,02 | +1,26 | ±0,05 | +1,43 | ±0,03 | 4 |
| 17 | $\alpha$ Per | +1,90 | F 5 | +0,28 | ±0,07 | +0,82 | ±0,07 | +1,01 | ±0,06 | 1 |
| 18 | $\gamma$ Cyg | +2,32 | F 8 p | +0,83 | ±0,01 | +1,31 | ±0,02 | +1,50 | ±0,02 | 7 |
| 19 | $\zeta$ Her | +3,00 | G 0 | +1,44 | ±0,04 | +1,92 | ±0,05 | +2,09 | ±0,05 | 2 |
| 20 | $\alpha$ Aur | +0,21 | G 0 | — | — | — | — | — | — | — |
| 21 | $\beta$ Urs maj. | +2,44 | K 0 | +1,13 | ±0,01 | +1,36 | ±0,01 | +1,40 | ±0,01 | 7 |
| 22 | $\gamma$ And | +2,28 | K 0 | +0,97 | ±0,06 | +1,23 | ±0,07 | +1,29 | ±0,05 | 1 |
| 23 | $\alpha$ Urs maj. | +1,95 | K 0 | +0,65 | ±0,01 | +0,89 | ±0,01 | +0,92 | ±0,01 | 10 |
| 24 | $\beta$ Gem | +1,21 | K 0 | −0,04 | ±0,04 | +0,22 | ±0,05 | +0,24 | ±0,04 | 2 |
| 25 | $\iota$ Aur | +2,90 | K 2 | +1,73 | ±0,07 | +1,97 | ±0,06 | +1,99 | ±0,06 | 1 |
| 26 | $\pi$ Her | +3,36 | K 5 | +2,12 | ±0,04 | +2,30 | ±0,05 | +2,35 | ±0,05 | 2 |
| 27 | $\mu$ Urs maj. | +3,21 | K 5 | +2,01 | ±0,05 | +2,18 | ±0,08 | +2,22 | ±0,07 | 1 |
| 28 | $\gamma$ Dra | +2,42 | K 5 | +1,22 | ±0,03 | +1,35 | ±0,03 | +1,30 | ±0,04 | 3 |
| 29 | $\beta$ Urs min. | +2,24 | K 5 | — | — | — | — | — | — | — |
| 30 | $\alpha$ Tau | +1,06 | K 5 | −0,01 | ±0,06 | +0,06 | ±0,05 | +0,10 | ±0,04 | 2 |
| | | +2,33 | | +0,62 [3] | | +1,13 | | +1,32 | | |

[1]) Mittlerer Fehler des Mittels. — [2]) $n$ = Anzahl der Beobachtungsabende. — [3]) Die Mittelwerte der Blau-, Grün- und Rothelligkeiten sind die drei Nullpunkte dieses Helligkeitssystems. Ihre Differenzen gegen die mittlere Harvardhelligkeit $m_H$ ($2^m,33$) sind:

| Lfd. Nr. | Name | $m_{vis.}$ | Spektrum | $m_{blau}$ | m. F.[1] | $m_{grün}$ | m. F. | $m_{rot}$ | m. F. | $n$[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\lambda_{eff}=512\,m\mu$ | | $\lambda_{eff}=543\,m\mu$ | | $\lambda_{eff}=599\,m\mu$ | | |
| 1 | $\gamma$ Cass | $+2^m,25$ | B 0 p | $-0^m,13$ | $\pm 0^m,02$ | $+0^m,82$ | $\pm 0^m,03$ | $+1^m,07$ | $\pm 0^m,03$ | 5 |
| 2 | $\varepsilon$ Cass | $+3,44$ | B 3 | $+1,07$ | $\pm 0,03$ | $+2,01$ | $\pm 0,05$ | $+2,36$ | $\pm 0,04$ | 4 |
| 3 | $\eta$ Urs maj. | $+1,91$ | B 3 | $-0,29$ | $\pm 0,02$ | $+0,52$ | $\pm 0,02$ | $+0,83$ | $\pm 0,02$ | 6 |
| 4 | $\beta$ Tau. | $+1,78$ | B 8 | $-0,32$ | $\pm 0,06$ | $+0,51$ | $\pm 0,07$ | $+0,74$ | $\pm 0,07$ | 1 |
| 5 | $\delta$ Cyg. | $+2,97$ | A 0 | $+0,70$ | $+0,04$ | $+1,49$ | $\pm 0,05$ | $+1,80$ | $\pm 0,03$ | 4 |
| 6 | $\vartheta$ Aur. | $+2,71$ | A 0 | $+0,47$ | $\pm 0,04$ | $+1,33$ | $\pm 0,04$ | $+1,62$ | $\pm 0,04$ | 4 |
| 7 | $\gamma$ Urs maj. | $+2,54$ | A 0 | $+0,27$ | $\pm 0,05$ | $+1,13$ | $\pm 0,06$ | $+1,42$ | $\pm 0,05$ | 4 |
| 8 | $\alpha$ Cor bor. | $+2,31$ | A 0 | $+0,03$ | $\pm 0,04$ | $+0,82$ | $\pm 0,04$ | $+1,17$ | $\pm 0,05$ | 4 |
| 9 | $\varepsilon$ Urs maj. | $+1,68$ | A 0 p | $-0,26$ | $\pm 0,02$ | $+0,27$ | $\pm 0,02$ | $+0,67$ | $\pm 0,01$ | 5 |
| [10][3] | $\alpha$ Lyr | $+0,14$ | A 0 | $-1,86$ | — | $-1,32$ | — | $-0,89$ | — | — |
| 11 | $\delta$ Urs maj. | $+3,44$ | A 2 | $+1,27$ | $\pm 0,04$ | $+1,98$ | $\pm 0,03$ | $+2,37$ | $\pm 0,03$ | 3 |
| 12 | $\zeta$ Urs maj. | $+2,40$ | A 2 p | $+0,41$ | $\pm 0,04$ | $+1,04$ | $\pm 0,05$ | $+1,39$ | $\pm 0,05$ | 3 |
| 13 | $\alpha$ Cyg. | $+1,33$ | A 2 p | $-0,71$ | $\pm 0,05$ | $+0,00$ | $\pm 0,05$ | $+0,38$ | $\pm 0,03$ | 4 |
| 14 | $\beta$ Tri | $+3,08$ | A 5 | $+1,07$ | $\pm 0,03$ | $+1,78$ | $\pm 0,04$ | $+2,00$ | $\pm 0,04$ | 3 |
| 15 | $\delta$ Cass | $+2,80$ | A 5 | $+0,80$ | $\pm 0,04$ | $+1,50$ | $\pm 0,05$ | $+1,71$ | $\pm 0,06$ | 3 |
| 16 | $\beta$ Cass | $+2,42$ | F 5 | $+0,58$ | $\pm 0,03$ | $+1,20$ | $\pm 0,07$ | $+1,39$ | $\pm 0,04$ | 4 |
| 17 | $\alpha$ Per | $+1,90$ | F 5 | $+0,12$ | $\pm 0,02$ | $+0,74$ | $\pm 0,03$ | $+0,94$ | $\pm 0,03$ | 3 |
| 18 | $\gamma$ Cyg | $+2,32$ | F 8 | $+0,67$ | $\pm 0,03$ | $+1,21$ | $\pm 0,04$ | $+1,44$ | $\pm 0,02$ | 4 |
| 19 | $\zeta$ Her | $+3,00$ | G 0 | $+1,30$ | $\pm 0,05$ | $+1,72$ | $\pm 0,04$ | $+1,89$ | $\pm 0,05$ | 4 |
| 20 | $\alpha$ Aur | $+0,21$ | G 0 | $-1,13$ | $\pm 0,05$ | $-0,83$ | $\pm 0,04$ | $-0,63$ | $\pm 0,04$ | 3 |
| 21 | $\beta$ Urs maj. | $+2,44$ | K 0 | $+1,00$ | $\pm 0,05$ | $+1,22$ | $\pm 0,06$ | $+1,36$ | $\pm 0,06$ | 3 |
| 22 | $\gamma$ And | $+2,28$ | K 0 | $+0,93$ | $\pm 0,02$ | $+1,16$ | $\pm 0,03$ | $+1,23$ | $\pm 0,03$ | 4 |
| 23 | $\alpha$ Urs maj. | $+1,95$ | K 0 | $+0,55$ | $\pm 0,03$ | $+0,81$ | $\pm 0,06$ | $+0,86$ | $\pm 0,05$ | 4 |
| 24 | $\beta$ Gem | $+1,21$ | K 0 | $-0,08$ | $\pm 0,04$ | $+0,12$ | $\pm 0,03$ | $+0,27$ | $\pm 0,05$ | 3 |
| 25 | $\iota$ Aur | $+2,90$ | K 2 | $+1,58$ | $\pm 0,01$ | $+1,77$ | $\pm 0,03$ | $+1,85$ | $\pm 0,01$ | 4 |
| 26 | $\pi$ Her | $+3,36$ | K 5 | $+2,02$ | $\pm 0,03$ | $+2,18$ | $\pm 0,05$ | $+2,27$ | $\pm 0,05$ | 4 |
| 27 | $\mu$ Urs maj. | $+3,21$ | K 5 | $+1,93$ | $\pm 0,04$ | $+2,06$ | $\pm 0,05$ | $+2,13$ | $\pm 0,05$ | 4 |
| 28 | $\gamma$ Dra | $+2,42$ | K 5 | $+1,17$ | $\pm 0,03$ | $+1,27$ | $\pm 0,04$ | $+1,34$ | $\pm 0,04$ | 3 |
| 29 | $\beta$ Urs min. | $+2,24$ | K 5 | $+1,05$ | $\pm 0,01$ | $+1,21$ | $\pm 0,01$ | $+1,18$ | $\pm 0,01$ | 8 |
| [30] | $\alpha$ Tau. | $+1,06$ | K 5 | $-0,06$ | — | $+0,05$ | — | $+0,05$ | — | — |
| | | $+2,26$ | | $+0,47$[4] | | $+0,99$ | | $+1,21$ | | |

[1]) Mittlerer Fehler des Mittels. — [2]) $n$ = Anzahl der Beobachtungsabende. — [3]) Die Zenithelligkeiten der Sterne Nr. 10 und Nr. 30 wurden durch Interpolation gewonnen. — [4]) Die Mittelwerte der Blau-, Grün- und Rothelligkeiten sind die drei Nullpunkte dieses Helligkeitssystems. Ihre Differenzen gegen die mittlere Harvardhelligkeit $m_H$ ($2^m,26$) sind:

$$m_H - m_B : +1^m,79, \quad m_H - m_G : +1^m,27, \quad m_H - m_R : +1^m,05.$$

anderen Beobachtern erfordern würden. Tabelle 8a, 8b gibt die Zusammenstellung der resultierenden mittleren Zenithelligkeiten für die drei Filter.

Tabelle 9 enthält als Ergänzung zu Tabelle 8a, 8b die Differenzen: Rothelligkeit minus Blauhelligkeit und Rothelligkeit minus Grünhelligkeit in Abhängigkeit vom Spektraltyp für Breslau und Belkawe, die für dieses Helligkeitssystem die Bedeutung von Farbindizes haben. Die relativ stärkere Änderung der Rot-Blaudifferenz mit der Spektralklasse für Belkawe ist auf eine rötere Farbe der verwendeten Photometerlampe zurückzuführen und physiologischen Ursprungs. Bei der kleineren Rot-Gründifferenz verwischt die Streuung der Einzelwerte den Einfluß dieses Effektes.

Für den direkten Anschluß an die Harvardhelligkeiten ist nun hinderlich, daß zwar die beobachteten Blau-, Rot- und Grünhelligkeiten, dagegen

Tabelle 9. Die Differenzen $m_{\text{rot}} - m_{\text{blau}}$ und $m_{\text{rot}} - m_{\text{grün}}$ für Breslau und Belkawe.

| Lfd. Nr. | Spektrum | Breslau | | Belkawe | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $m_R - m_B$ | $m_R - m_G$ | $m_R - m_B$ | $m_R - m_G$ |
| 1 | B 0p | $+1^m,12$ | $+0^m,27$ | $+1^m,20$ | $+0^m,25$ |
| 2 | B 3 | 1,18 | 0,37 | 1,29 | 0,35 |
| 3 | B 3 | 1,11 | 0,23 | 1,12 | 0,31 |
| 4 | B 8 | 1,04 | 0,25 | 1,06 | 0,23 |
| 5 | A 0 | 1,02 | 0,24 | 1,10 | 0,31 |
| 6 | A 0 | 0,97 | 0,27 | 1,15 | 0,29 |
| 7 | A 0 | 1,01 | 0,39 | 1,15 | 0,29 |
| 8 | A 0 | 0,94 | 0,26 | 1,14 | 0,35 |
| 9 | A 0p | 0,84 | 0,32 | 0,93 | 0,40 |
| 10 | A 0 | 0,84 | 0,28 | 0,97 | 0,43 |
| 11 | A 2 | 1,05 | 0,37 | 1,10 | 0,39 |
| 12 | A 2p | 0,83 | 0,26 | 0,98 | 0,35 |
| 13 | A 2p | 1,04 | 0,31 | 1,09 | 0,38 |
| 14 | A 5 | 0,87 | 0,24 | 0,93 | 0,22 |
| 15 | A 5 | 0,82 | 0,21 | 0,91 | 0,21 |
| 16 | F 5 | 0,73 | 0,17 | 0,81 | 0,19 |
| 17 | F 5 | 0,73 | 0,19 | 0,82 | 0,20 |
| 18 | F 8p | 0,67 | 0,19 | 0,77 | 0,23 |
| 19 | G 0 | 0,63 | 0,17 | 0,59 | 0,17 |
| 20 | G 0 | — | — | 0,50 | 0,20 |
| 21 | K 0 | 0,27 | 0,04 | 0,36 | 0,14 |
| 22 | K 0 | 0,32 | 0,06 | 0,30 | 0,07 |
| 23 | K 0 | 0,27 | 0,03 | 0,31 | 0,05 |
| 24 | K 0 | 0,28 | 0,02 | 0,35 | 0,15 |
| 25 | K 2 | 0,26 | 0,02 | 0,27 | 0,08 |
| 26 | K 5 | 0,23 | 0,05 | 0,25 | 0,09 |
| 27 | K 5 | 0,21 | 0,04 | 0,20 | 0,07 |
| 28 | K 5 | 0,16 | 0,03 | 0,17 | +0,07 |
| 29 | K 5 | — | — | 0,13 | −0,03 |
| 30 | K 5 | 0,11 | 0,04 | 0,11 | +0,00 |

nicht die mittleren visuellen Helligkeiten vorliegen. Bei einer Verwendung dieses Helligkeitssystems für Beobachtungen ohne Filter ließe sich aber die Differenz: Harvardhelligkeit minus individuelle Helligkeit leicht auf graphischem Wege bestimmen, indem aus den drei gegebenen Helligkeitswerten eine Kurve konstruierte und für die visuelle effektive Wellenlänge $\lambda = 555\ \mathrm{m}\mu$ den dazugehörigen Helligkeitswert entnähme. Bei einer Verwendung des Helligkeitssystems für Beobachtungen mit Filter genügte die Anbringung der mittleren Differenzen: $m_H - m_B$, $m_H - m_G$, $m_H - m_R$ (in Tabelle 8a und 8b unten angegeben) und die aus Tabelle 10 (siehe unten) zu entnehmenden Korrektionen der mittleren Differenzen wegen Spektraltyp und Helligkeit.

Abschließend enthält Tabelle 10 die Differenzen: $m_H - \overline{m} - \mathrm{const}$ in Abhängigkeit von Spektraltyp und Helligkeit, zusammengefaßt in vier Spektralgruppen und sieben Größenklassenintervalle. Die Konstante ist so gewählt, daß der Mittelwert aller Differenzen: $m_H - m$ für Breslau und Belkawe Null wird.

Tabelle 10. Differenz $m_H - \overline{m} - \mathrm{const}$ für Breslau und Belkawe ($\mathrm{const_{Bu}} = +1^{\mathrm{m}},31$, $\mathrm{const_{Be}} = +1^{\mathrm{m}},31 + (m_{\mathrm{Bu}} - m_{\mathrm{Be}}) = +1^{\mathrm{m}},39$).

Breslau.

| Größenklassenintervall | B0 — B8 | A0 — A5 | F5 — G0 | K0 — K5 | Alle |
|---|---|---|---|---|---|
| $0^{\mathrm{m}},00 - 0^{\mathrm{m}},49$ | — | — 0,03 | — | — | |
| 0,50 — 0,99 | — | — | — | — | — 0,03 |
| 1,00 — 1,49 | — | + 0,08 | — | — 0,27 | |
| 1,50 — 1,99 | + 0,19 | + 0,08 | — 0,11 | — 0,18 | |
| 2,00 — 2,49 | + 0,30 | + 0,17 | — 0,11 | — 0,19 | |
| 2,50 — 2,99 | — | + 0,18 | — | — 0,31 | + 0,01 |
| 3,00 — 3,49 | + 0,29 | + 0,13 | — 0,13 | — 0,23 | |
| Alle | + 0,26 | + 0,10 | — 0,12 | — 0,26 | |

Belkawe.

| Größenklassenintervall | B0 — B8 | A0 — A5 | F5 — G0 | K0 — K5 | Alle |
|---|---|---|---|---|---|
| $0^{\mathrm{m}},00 - 0^{\mathrm{m}},49$ | — | + 0,01 | — 0,32 | — | |
| 0,50 — 0,99 | — | — | — | — | — 0,08 |
| 1,00 — 1,49 | — | + 0,05 | — | — 0,31 | |
| 1,50 — 1,99 | + 0,14 | + 0,06 | — 0,09 | — 0,18 | |
| 2,00 — 2,49 | + 0,26 | + 0,15 | — 0,10 | — 0,22 | |
| 2,50 — 2,99 | — | + 0,17 | — | — 0,22 | + 0,01 |
| 3,00 — 3,49 | + 0,24 | + 0,12 | — 0,08 | — 0,21 | |
| Alle | + 0,21 | + 0,07 | — 0,15 | — 0,21 | |

Zieht man zum Vergleich die Tabelle der Helligkeitsdifferenzen „Potsdamer Photometrische Durchmusterung" — „Harvard-Photometry"[1]) hinzu, so findet man, daß die Sterne frühen Spektraltyps in beiden Fällen um denselben Betrag gegen Harvard heller empfunden werden, während diejenigen späten Spektraltyps des Breslauer bzw. Belkawer Helligkeitssystems etwa um 0,20 Größenklassen schwächer sind als die entsprechenden Harward- bzw. Potsdamer Sternhelligkeiten.

Die großen Änderungen der Differenzen des Breslauer bzw. Belkawer Helligkeitssystems gegen das Harvardsystem zeigen, daß bei Flächenphotometern die Farbempfindlichkeit sich in viel höherem Maße als bei Punktphotometern auswirkt, was ja schon während der Beobachtung empfunden wird, indem die Gleichheit des Helligkeitseindruckes schon bei wenig verschiedener Farbe nicht zu erreichen ist.

### *10. Extinktionsbestimmungen.*

Die aus den verschiedenen Sternbeobachtungen nach den beiden Methoden gewonnenen Einzelergebnisse der Extinktionskoeffizienten wurden gewichtet und aus ihnen der Mittelwert des Abends, für jede Methode getrennt, abgeleitet. Die m. F. der Extinktionskoeffizienten wurden streng nach der Fehlertheorie berechnet (nach dieser ergeben sich beispielsweise für den m. F. des Extinktionskoeffizienten $\varepsilon_k$ nach der Zenitstern-Methode

$$\varepsilon_k = \pm \frac{1}{F(z) - 1} \sqrt{\varepsilon_{m_z}^2 + \varepsilon_{m_0}^2}, \qquad (2)$$

wo $\varepsilon_{m_z}$, $\varepsilon_{m_0}$ die m. F. der beobachteten Helligkeiten sind. Die m. F. waren pro Filter aus je acht Ablesungswerten bestimmt). Nun wäre hier der m. F. aus den einzelnen Beobachtungen ein ungenügendes Maß für die Genauigkeit, nämlich einmal wegen der reellen Änderungen und Schwankungen der Extinktion im Verlauf eines Abends und ferner durch die Verwendung verschiedener Spektraltypen.

Es wurde daher eine dreistufige Gewichtsskala eingeführt, und zwar Gewicht 2 für m. F. einer Helligkeitsmessung zwischen $0^m.06$ und $0^m.10$. Gewicht 1 für m. F. einer Helligkeitsmessung größer als $0^m.10$. Gewicht 3 für m. F. einer Helligkeitsmessung kleiner als $0^m.06$, wobei die Grenzen für das mittlere Gewicht 2 aus der Häufigkeit der vorkommenden m. F. bestimmt sind.

Entsprechend ergibt sich für den Extinktionskoeffizienten unter Berücksichtigung der verschiedenen $F(z)$-Werte: Gewicht 2 für m. F. des

[1]) SCHOENBERG, Theoretische Photometrie. Handb. d. Astrophys. II/1, g. Tabelle 4.

Extinktionskoeffizienten zwischen $0^m,03$ und $0^m,14$, Gewicht 1 für m. F. des Extinktionskoeffizienten größer als $0^m,14$, Gewicht 3 für m. F. des Extinktionskoeffizienten kleiner als $0^m,03$.

Zunächst wird an einem Beispiel, einem Abend mittlerer Güte, die Berechnung im einzelnen erläutert.

Beispiel: Beobachtungsabend mittlerer Luftdurchlässigkeit. 28. Mai 1936, Belkawe.

I. Ost-Weststern-Methode.

| Lfd. Nr. | Stern | | | Zwischenwerte | | Extinkt. koeff. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Name | Spektrum | $m_H$ | Filter | $F(z_2)-F(z_1)$ | $m_{z_2}-m_{z_1}$ | $k$ | m. F. $0^m,01$ | $P$ |
| 1 | $\alpha$ Oph | A 5 | 2,14 | Blau | 1,532 | 0,56 | 0,363 | 10 | 2 |
| | | | | Rot | 1,521 | 0,41 | 0,273 | 9 | 2 |
| | | | | Grün | 1,516 | 0,53 | 0,349 | 10 | 2 |
| 2 | $\beta$ Gem | K 0 | 1,21 | Blau | 1,308 | 0,44 | 0,336 | 8 | 2 |
| | | | | Rot | 1,288 | 0,32 | 0,251 | 10 | 2 |
| | | | | Grün | 1,268 | 0,38 | 0,302 | 11 | 2 |

II. Zenitstern-Methode.

| | | | | | $F(z)-1$ | $m_z-m_0$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | $\iota$ Aur | K 2 | 2,90 | Blau | 4,837 | 1,57 | 0,325 | 6 | 2 |
| | | | | Rot | 4,932 | 1,21 | 0,245 | 9 | 2 |
| | | | | Grün | 5,073 | 1,49 | 0,293 | 9 | 2 |
| 4 | $\alpha$ Aur | G 0 | 0,21 | Blau | 4,448 | 1,45 | 0,325 | 6 | 2 |
| | | | | Rot | 4,453 | 1,10 | 0,246 | 7 | 2 |
| | | | | Grün | 4,498 | 1,32 | 0,294 | 7 | 2 |
| 5 | $\delta$ Cas | A 5 | 2,80 | Blau | 1,836 | 0,63 | 0,340 | 5 | 2 |
| | | | | Rot | 1,850 | 0,47 | 0,256 | 6 | 2 |
| | | | | Grün | 1,850 | 0,51 | 0,276 | 8 | 2 |
| 6 | $\vartheta$ Aur | A 0 | 2,71 | Blau | 4,792 | 1,73 | 0,361 | 9 | 2 |
| | | | | Rot | 4,792 | 1,65 | 0,354 | 10 | 2 |
| | | | | Grün | 4,797 | 1,78 | 0,370 | 10 | 2 |

Fortsetzung (28. Mai 1936).

| | Spektrum | $\lambda_{eff} = 512\,m\mu$ | | $\lambda_{eff} = 599\,m\mu$ | | $\lambda_{eff} = 543\,m\mu$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $k$ | $p$ | $k$ | $p$ | $k$ | $p$ |
| I. Methode | A 5 | 0,36 | 0,716 | 0,27 | 0,778 | 0,35 | 0,725 |
| | K 0 | 0,34 | 0,734 | 0,25 | 0,794 | 0,30 | 0,757 |
| Mittelwert $k_m/p_m$ . . | | 0,35 | 0,725 | 0,26 | 0,786 | 0,32 | 0,741 |
| m. F. d. M. . . . . | | $\pm$ 0,01 | | $\pm$ 0,01 | | $\pm$ 0,04 | |
| II. Methode | K 2 | 0,32 | 0,743 | 0,24 | 0,814 | 0,29 | 0,783 |
| | G 0 | 0,32 | 0,741 | 0,25 | 0,797 | 0,29 | 0,783 |
| | A 5 | 0,34 | 0,731 | 0,26 | 0,790 | 0,28 | 0,776 |
| | A 0 | 0,36 | 0,717 | 0,35 | 0,722 | 0,37 | 0,711 |
| Mittelwert $k_m/p_m$ . . | | 0,34 | 0,733 | 0,27 | 0,781 | 0,30 | 0,762 |
| m. F. d. M. . . . . | | $\pm$ 0,01 | | $\pm$ 0,02 | | $\pm$ 0,03 | |

Ferner sind für diesen Abend die Extinktionskoeffizienten $k$ mit den aus ihnen nach der Formel $k = -2{,}5 \log p$ folgenden Transmissionskoeffizienten $p$ einer Sternbeobachtung zusammengestellt. Schließlich ist für beide Methoden der Mittelwert $k_m$ pro Filter und der mittlere Fehler dieses Mittelwertes unter Berücksichtigung der Gewichte der Einzelbeobachtungen und schließlich aus $k_m$ der mittlere Transmissionskoeffizient $p_m$ bestimmt.

Die Tabellen 11a (für Breslau) und 11b (für Belkawe) enthalten nun die gesamten Beobachtungsergebnisse. Es sind die mittleren abendlichen Extinktionskoeffizienten $k$, für Methode I und II getrennt berechnet, zusammengestellt, und zwar in Rücksicht auf die Beträge der m. F. auf hundertstel Einheiten aufgerundet.

Ferner sind die mittleren Fehler des Mittels (m. F. d. M.) angegeben. (Die eingeklammerten Abende bzw. Extinktionswerte sind solche, die sich wegen zu geringer Durchlässigkeit als unbrauchbar zur Bestimmung der mittleren Extinktion erwiesen. Es handelt sich hierbei vorwiegend um Abende, bei denen erst während der Messungen eine sichtliche Verschlechterung der Himmelsbeschaffenheit einsetzte. Diese wurden jedoch in die Zusammenstellung aufgenommen, weil sie zur Ableitung der meteorologischen Zusammenhänge verwendet wurden). Außerdem sind bei Abenden extrem großer Veränderlichkeit in der Durchsicht die fraglichen Messungen, während welcher sich die Veränderung vollzog, wegen zu großer Streuung der Einzelbeobachtungen abgespalten und ebenfalls nicht zur Mittelbildung verwertet (vgl. die eingeklammerten Messungen: Breslau 1934 August 30 M.: II, 1935 Mai 5 M.: II und Belkawe 1935 Oktober 13 M.: II, November 1 M.: I, 1936 März 18 M.: I).

Die Tabellen enthalten für jeden Abend:

Die Anzahl N der Sternbeobachtungen (getrennt für jede Methode).

Die in zeitlicher Reihenfolge zusammengestellten arithmetischen Mittel der $k$-Werte von I und II zum Zwecke einer allgemeinen Übersicht über den Betrag der abendlichen Extinktionen und die aus dem Mittelwert $k$ resultierenden Werte $\bar{p}$. (Da meist zu Beginn des Abends zunächst die Sterne in unterer Kulmination bzw. größter Zenitdistanz und dann erst die Sterne in zwei verschiedenen Höhen, neben dem übrigen Beobachtungsprogramm, gemessen wurden, so sind entsprechend die Extinktionswerte von II meist vor I angegeben; zwischen den Beobachtungen I und II liegen durchschnittlich 2 Stunden.)

Die meteorologischen Daten — Barometerstand $B$, Lufttemperatur $T$, relative Feuchtigkeit r. F. und MEZ —, die für Beginn und Ende jedes Beobachtungsabends gelten.

Die allgemeinen Bemerkungen über die Güte der Sternbilder usw., insbesondere die summarischen Schätzungen über die Himmelsbeschaffenheit. (Diese $H$-Schätzungen wurden stets vor, während und nach den Messungen gemacht und sind entsprechend über, neben und unter die Zeile, auf die sie sich beziehen, gesetzt. Weitere Bemerkungen siehe Zeichenerklärung, Tabelle 11a rechts.)

Die Charakteristik $P$. [Diese bezieht sich auf die Größe des Wertes von $\bar{k}$ bzw. $\bar{p}$ in Hinblick auf die Auswahl zur Bestimmung der mittleren Extinktion der Beobachtungsstation (vgl. Kap. 13).]

Es ist für

| $\bar{k}$ bzw. $\bar{p}$ | : | $P$ |
|---|---|---|
| $< 0{,}48$ | $< 0{,}650$ | 0, |
| $< 0{,}38$ | $< 0{,}700$ | 1, |
| $< 0{,}24$ | $< 0{,}800$ | 2, |
| $\geqq 0{,}24$ | $\geqq 0{,}800$ | 3. |

Tabelle 12 gibt in Ergänzung zu Tabelle 11a und 11b eine Zusammenstellung der Anzahlen der Beobachtungsabende und ihrer Verteilung auf die Methoden I und II.

### *11. Abhängigkeit der Extinktion vom Spektraltyp.*

Eine spezielle Untersuchung der Abhängigkeit der Extinktion vom Spektraltyp war nicht in der ursprünglichen Aufgabe der Arbeit inbegriffen. Bei dem erreichten Genauigkeitsgrade der hier angewandten Methoden dürfte jedoch auch bei systematischer Einteilung jeden Abends in Beobachtungen verschiedener Spektralgruppen, von Anbeginn an, die Unsicherheit in der Bestimmung der spektralen Extinktion sich nicht wesentlich verringern. Eine Einteilung der abendlichen Beobachtungen in drei Spektralgruppen B 0 — A 2, A 5 — F 8, G 0 — K 5 wurde für das gesamte Material durchgeführt. Für alle Abende, die Beobachtungen der Gruppen: B 0 — A 2 und G 0 — K 5 enthielten, wurden die Differenzen $p_{G,\,K} - p_{B,\,A}$, d. h. die Differenzen der Mittel für die drei Filter bestimmt, unter Berücksichtigung der Anzahl der Beobachtungen beider Spektralgruppen.

Es ergab sich aus sämtlichen Breslauer und Belkawer Beobachtungen:

$$p_{G,\,K} - p_{B,\,A} = + 0{,}023 \pm 0{,}016 \text{ für } p = 0{,}764.$$

Tabelle
Mittlerer Extinktions- u

| Lfd. Nr. | Datum | M. | $\lambda_{eff} = 512$ m$\mu$ | | $\lambda_{eff} = 599$ m$\mu$ | | $\lambda_{eff} = 543$ m$\mu$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $k$ | m. F. d. M. | $k$ | m. F. d. M. | $k$ | m. F. d. M. |
| | 1934 | | | | | | | |
| 1 | Juni 1 . . . . . | II | 0,36 | ± 0,03 | 0,26 | ± 0,03 | 0,32 | ± 0,02 |
| 2 | Juni 12 . . . . . | II | 0,39 | ± 0,10 | 0,39 | ± 0,09 | 0,41 | ± 0,12 |
| (3) | Juni 13 . . . . . | I | 0,62 | ± 0,10 | 0,52 | ± 0,09 | 0,57 | ± 0,08 |
| | | II | 0,94 | ± 0,10 | 0,80 | ± 0,08 | 0,72 | ± 0,08 |
| 4 | Juni 15 . . . . . | II | 0,32 | ± 0,04 | 0,21 | ± 0,03 | 0,25 | ± 0,03 |
| 5 | Juni 17 . . . . . | II | 0,28 | ± 0,02 | 0,23 | ± 0,02 | 0,27 | ± 0,03 |
| 6 | Juni 23 . . . . . | II | 0,38 | ± 0,05 | 0,28 | ± 0,03 | 0,39 | ± 0,06 |
| 7 | Juli 8 . . . . . | II | 0,33 | ± 0,02 | 0,24 | ± 0,02 | 0,26 | ± 0,02 |
| 8 | Juli 11 . . . . . | II | 0,51 | ± 0,08 | 0,35 | ± 0,04 | 0,39 | ± 0,04 |
| 9 | Juli 18 . . . . . | II | 0,29 | ± 0,09 | 0,17 | ± 0,06 | 0,23 | ± 0,08 |
| 10 | Aug. 30 . . . . . | I | 0,46 | ± 0,02 | 0,39 | ± 0,02 | 0,43 | ± 0,03 |
| | | II | 0,38 | ± 0,03 | 0,32 | ± 0,04 | 0,36 | ± 0,01 |
| | | II | 0,28 | | 0,20 | | 0,25 | |
| (11) | Sept. 9 . . . . . | I | 0,58 | ± 0,03 | 0,61 | ± 0,04 | 0,60 | ± 0,01 |
| | | II | 0,57 | ± 0,05 | 0,58 | ± 0,04 | 0,59 | ± 0,05 |
| 12 | Sept. 15 . . . . . | I | 0,25 | ± 0,04 | 0,18 | ± 0,04 | 0,25 | ± 0,05 |
| | | II | 0,30 | ± 0,05 | 0,14 | ± 0,05 | 0,18 | ± 0,03 |

[1]) SZ = Szintillieren der Sterne; LU = Luftunruhe; W = Wolken; D = Du

r Breslau.

ransmissionskoeffizient pro Abend.

| Mittelwert aus den drei Werten (in zeitlicher Reihenfolge) | | | Meteorologische Daten | | | | Bemerkungen [1] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M. | $\bar{k}$ | $\bar{p}$ | $T$ °C | $B$ 7.. mm | r. F. % | MEZ. h m | $H$ | | $P$ (vgl. S. 39) |
| II | 0,3110 | 0,751 | 17,0 | 57,5 | 58 | 22 22 | 3 | | 2 |
| | | | 11,4 | 57,4 | | 0 54 | | | |
| II | 0,3982 | 0,693 | 16,4 | 52,9 | 97 | 22 49 | 2,5 | | 1 |
| | | | | | | 1 01 | | | |
| | | | | | | | 3 | W | |
| I | (0,5692 | 0,592) | 16,1 | 52,7 | 45 | 22 52 | 1,5 | | 0 |
| | | | | | | | | D | |
| II | (0,8190 | 0,470) | 15,8 | 50,9 | 77 | 1 54 | 1 | | 0 |
| | | | | | | | 3 | | |
| II | 0,2600 | 0,787 | 11,0 | 59,2 | 65 | 23 11 | 3 | | 2 |
| | | | 8,6 | 59,2 | 90 | 2 07 | 3,5 | | |
| | | | | | | | 4 | | |
| II | 0,2588 | 0,788 | 15,5 | 59,2 | 50 | 22 58 | | | 2 |
| | | | 15,1 | 59,2 | 59 | 1 52 | 3 | | |
| | | | | | | | 3,5 | | |
| II | 0,3538 | 0,722 | 17,3 | 55,3 | 52 | 22 15 | 2,5 | LU stark | 2 |
| | | | | | | | 4 | | |
| | | | 15,7 | 55,3 | 50 | 1 09 | 4,5 | | |
| II | 0,2752 | 0,776 | 17,8 | 55,1 | 84 | 22 30 | 3,5 | | 2 |
| | | | 15,2 | 54,6 | 90 | 1 12 | 3 | | |
| | | | | | | | 2,5 | | |
| II | 0,4155 | 0,682 | 18,0 | 47,0 | 74 | 23 15 | 2,5 | | 1 |
| | | | 18,5 | 47,0 | 68 | 0 21 | 2,5 | | |
| | | | | | | | 5 | | |
| II | 0,2260 | 0,812 | 20,0 | 51,0 | 48 | 22 45 | 4,5 | leichte W | 3 |
| | | | | 47,7 | | 0 10 | 3 | | |
| | | | | | | | 3,5 | | |
| I | 0,4252 | 0,676 | 14,2 | 52,3 | 82 | 21 18 | 2,5 | | 1 |
| | | | | | | | 3 | | |
| I | 0,3566 | 0,720 | | | | | | | 2 |
| I | (0,2200 | 0,798) | 13,0 | 52,3 | 87 | 0 57 | 3 | | |
| | | | | | | | 3 | | |
| I | (0,5820 | 0,585) | 16,2 | 54,0 | 89 | 22 41 | 2,5 | | 0 |
| | | | | | | | 2 | | |
| I | (0,6008 | 0,575) | 14,9 | 53,9 | 89 | 1 03 | 1 | W | 0 |
| | | | | | | | 2,5 | leichte W | |
| I | 0,2288 | 0,810 | 15,1 | 58,1 | 70 | 22 57 | 3,5 | | 3 |
| I | 0,2050 | 0,828 | 13,0 | 58,3 | 77 | 1 54 | 4,5 | | 3 |

cht; ☽ = Mondlicht stört; ! = gute Sternbilder; !! = besonders gute Sternbilder.

Tabelle

| Lfd. Nr. | Datum | M. | $\lambda_{eff} = 512\,m\mu$ | $\lambda_{eff} = 599\,m\mu$ | $\lambda_{eff} = 543\,m\mu$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | $k$ m.F.d.M. | $k$ m.F.d.M. | $k$ m.F.d.M. |
| 13 | Sept. 16 . . . . . | I | 0,46 ± 0,03 | 0,33 ± 0,02 | 0,43 ± 0,05 |
| | | II | 0,41 ± 0,01 | 0,33 ± 0,02 | 0,38 ± 0,03 |
| (14) | Sept. 29 . . . . . | I | 0,59 ± 0,06 | 0,59 ± 0,11 | 0,65 ± 0,12 |
| | Sept. 29 . . . . . | II | 0,55 ± 0,10 | 0,89 ± 0,06 | 0,80 ± 0,05 |
| 15 | Okt. 2 . . . . . | I | 0,30 ± 0,02 | 0,25 ± 0,01 | 0,27 ± 0,02 |
| | | II | 0,30 ± 0,01 | 0,23 ± 0,02 | 0,28 ± 0,02 |
| | 1935 | | | | |
| 16 | März 6 . . . . . | II | 0,38 ± 0,04 | 0,23 ± 0,05 | 0,32 ± 0,09 |
| 17 | März 10 . . . . . | I | 0,41 ± 0,03 | 0,26 ± 0,02 | 0,40 ± 0,02 |
| | | II | 0,42 ± 0,02 | 0,34 ± 0,02 | 0,40 ± 0,01 |
| 18 | März 11 . . . . . | II | 0,25 ± 0,04 | 0,18 ± 0,04 | 0,22 ± 0,05 |
| (19) | März 21 . . . . . | I | 0,61 ± 0,09 | 0,57 ± 0,08 | 0,63 ± 0,10 |
| 20 | März 22 . . . . . | II | 0,25 ± 0,01 | 0,20 ± 0,01 | 0,24 ± 0,03 |
| 21 | April 5 . . . . . | II | 0,32 ± 0,02 | 0,25 ± 0,01 | 0,30 ± 0,01 |
| 22 | April 13 . . . . . | II | 0,29 ± 0,04 | 0,24 ± 0,01 | 0,28 ± 0,02 |
| 23 | April 15 . . . . . | II | 0,25 ± 0,02 | 0,22 ± 0,01 | 0,24 ± 0,02 |
| 24 | Mai 5 . . . . . | I | 0,39 ± 0,02 | 0,34 ± 0,03 | 0,36 ± 0,03 |
| | | II | 0,42 ± 0,03 | 0,34 ± 0,01 | 0,38 ± 0,04 |
| | | II | 0,28 | 0,20 | 0,23 |
| 25 | Mai 6 . . . . . | II | 0,29 ± 0,01 | 0,22 ± 0,01 | 0,29 ± 0,03 |
| 26 | Mai 20 . . . . . | II | 0,22 ± 0,05 | 0,20 ± 0,06 | 0,23 ± 0,03 |

ortsetzung).

| Mittelwert aus den drei Werten (in zeitlicher Reihenfolge) | | | Meteorologische Daten | | | | | Bemerkungen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M. | $\bar{k}$ | $\bar{p}$ | $T$ °C | $B$ 7.. mm | r. F. % | MEZ. h | m | $H$ | | $P$ (vgl. S. 39) |
| | | | | | | | | 3 | | |
| II | 0,3750 | 0,708 | | 58,0 | 77 | 23 | 03 | 3 | SZ | 2 |
| | | | 16,2 | | | | | 3 | | |
| I | 0,4092 | 0,686 | | 58,1 | 89 | 1 | 28 | 2,5 | | 1 |
| | | | 13,2 | | | | | 2,5 | | |
| | | | | | | | | 3,5 | | 0 |
| I | (0,6180 | 0,566) | 13,2 | 60,1 | 65 | 21 | 58 | 3 | | |
| | | | | | | | | 2 | DW | |
| II | (0,7395 | 0,506) | 11,2 | 60,1 | 74 | 0 | 36 | 1 | | 0 |
| | | | | | | | | 2 | | |
| II | 0,2725 | 0,778 | 15,8 | 50,0 | 90 | 22 | 56 | 3 | SZ stark | 2 |
| I | 0,2725 | 0,778 | 14,1 | 48,9 | 89 | 1 | 34 | 3 | | 2 |
| | | | | | | | | 3 | | |
| II | 0,3065 | 0,754 | −6,2 | 60,5 | 88 | 21 | 59 | 1 | | 2 |
| | | | −8,8 | 61,4 | 98 | 1 | 20 | | | |
| | | | | | | | | 2,5 | | |
| II | 0,3858 | 0,701 | −4,7 | 69,0 | 74 | 21 | 40 | 2,5 | | 2 |
| I | 0,3538 | 0,722 | −1,0 | 69,0 | 98 | 0 | 31 | 2,5 | | 2 |
| | | | | | | | | 1,5 | | |
| | | | | | | | | 3,5 | | |
| II | 0,2195 | 0,817 | −1,5 | 69,0 | 86 | 21 | 30 | 1 | W | 3 |
| | | | −3,8 | 68,2 | 72 | 22 | 49 | | | |
| I | (0,6690 | 0,540) | +9,0 | 53,9 | 74 | 23 | 59 | 1 | | 0 |
| | | | | | | 0 | 59 | | W | |
| | | | | | | | | 4 | | |
| II | 0,2315 | 0,808 | 13,2 | 53,2 | 53 | 22 | 54 | 3,5 | | 3 |
| | | | 9,5 | 52,6 | 80 | 0 | 53 | 2,5 | leichte W | |
| | | | | | | | | 3 | | |
| II | 0,2865 | 0,768 | 2,5 | 46,6 | 58 | 22 | 31 | 3 | | 2 |
| | | | 2,0 | 44,9 | 73 | 0 | 51 | 3 | | |
| | | | | | | | | 3 | | |
| II | 0,2740 | 0,777 | 4,5 | 48,5 | 76 | 22 | 34 | 3 | | 2 |
| | | | 4,7 | 49,0 | 59 | 1 | 28 | 2,5 | | |
| | | | | | | | | 4 | ! | |
| II | 0,2368 | 0,804 | 3,6 | 55,4 | 61 | 22 | 42 | 4 | ! | 3 |
| | | | 2,5 | 55,4 | 93 | 1 | 25 | 2,5 | | |
| II | (0,2383 | 0,803) | 13,5 | 60,2 | 41 | 22 | 17 | 4 | ! | |
| II | 0,3765 | 0,707 | | | | | | | D | 2 |
| I | 0,3658 | 0,714 | 7,5 | 61,1 | 98 | 1 | 22 | 2,5 | | 2 |
| | | | | | | | | 3,5 | | |
| II | 0,2642 | 0,784 | 13,0 | 59,6 | 50 | 22 | 03 | 3 | SZ | 2 |
| | | | 9,0 | 58,8 | 75 | 0 | 57 | 2,5 | | |
| | | | | | | | | 4 | | |
| II | 0,2180 | 0,818 | 10,8 | 58,0 | 47 | 23 | 04 | 3,5 | SZ | 3 |
| | | | 8,2 | 58,0 | 59 | 0 | 52 | 3 | | |

Tabelle

| Lfd. Nr. | Datum | M. | $\lambda_{eff} = 512$ m$\mu$ | | $\lambda_{eff} = 599$ m$\mu$ | | $\lambda_{eff} = 543$ m$\mu$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $k$ | m.F.d.M. | $k$ | m.F.d.M. | $k$ | m.F.d.M. |
| 27 | Mai 27 . . . . . | II | 0,27 | ± 0,04 | 0,25 | ± 0,03 | 0,29 | ± 0,03 |
| 28 | Mai 28 . . . . . | II | 0,45 | ± 0,01 | 0,38 | ± 0,04 | 0,39 | ± 0,04 |
| 29 | Mai 31 . . . . . | II | 0,25 | ± 0,10 | 0,17 | ± 0,08 | 0,28 | ± 0,09 |
| (30) | Juni 13 . . . . . | I | 0,50 | ± 0,05 | 0,48 | ± 0,03 | 0,48 | ± 0,06 |
| 31 | Juni 14 . . . . . | I | 0,44 | ± 0,06 | 0,38 | ± 0,07 | 0,40 | ± 0,01 |
| | | II | 0,42 | ± 0,02 | 0,38 | ± 0,01 | 0,45 | ± 0,04 |
| 32 | Juni 24 . . . . . | I | 0,26 | ± 0,03 | 0,21 | ± 0,02 | 0,21 | ± 0,02 |
| | | II | 0,36 | ± 0,06 | 0,22 | ± 0,03 | 0,26 | ± 0,06 |
| (33) | Juni 27 . . . . . | I | 0,75 | ± 0,06 | 0,78 | ± 0,07 | 0,79 | ± 0,04 |
| 34 | Juni 30 . . . . . | I | 0,22 | ± 0,01 | 0,11 | ± 0,01 | 0,18 | ± 0,01 |
| | | II | 0,25 | ± 0,01 | 0,16 | ± 0,01 | 0,19 | ± 0,01 |
| 35 | Juli 1 . . . . . | I | 0,38 | ± 0,02 | 0,36 | ± 0,02 | 0,36 | ± 0,03 |
| | | II | 0,23 | ± 0,06 | 0,18 | ± 0,04 | 0,22 | ± 0,04 |
| (36) | Juli 2 . . . . . | I | 0,75 | ± 0,12 | 0,72 | ± 0,09 | 0,73 | ± 0,10 |
| | | II | 0,64 | ± 0,08 | 0,60 | ± 0,09 | 0,66 | ± 0,06 |
| 37 | Aug. 6 . . . . . | II | 0,41 | ± 0,05 | 0,28 | ± 0,05 | 0,32 | ± 0,04 |
| (38) | Aug. 18 . . . . . | I | 0,75 | ± 0,05 | 0,75 | ± 0,08 | 0,80 | ± 0,10 |
| | | II | 0,75 | ± 0,02 | 0,59 | ± 0,01 | 0,62 | ± 0,02 |
| 39 | Aug. 19 . . . . . | I | 0,25 | ± 0,01 | 0,19 | ± 0,03 | 0,22 | ± 0,04 |
| 40 | Aug. 23 . . . . . | II | 0,25 | ± 0,01 | 0,17 | ± 0,01 | 0,22 | ± 0,01 |

rtsetzung).

| Mittelwert aus den drei Werten (in zeitlicher Reihenfolge) | | | Meteorologische Daten | | | | | Bemerkungen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $T$ | $B$ 7.. | r. F. | MEZ. | | $H$ | | $P$ (vgl. S. 39) |
| I. | $\bar{k}$ | $\bar{p}$ | °C | mm | % | h | m | | | |
| | | | | | | | | 3,5 | | |
| I | 0,2682 | 0,781 | 13,2 | 55,2 | 66 | 23 | 12 | 3,5 | | 2 |
| | | | 11,3 | 55,2 | 96 | 1 | 13 | 3 | LU | |
| | | | | | | | | 3 | | |
| I | 0,4108 | 0,685 | 13,0 | 54,4 | 78 | 23 | 12 | 2,5 | LU SZ | 1 |
| | | | 12,3 | 54,4 | 54 | 1 | 47 | 3,5 | SZ stark | |
| | | | | | | | | 4 | | |
| I | 0,2355 | 0,805 | 9,0 | 50,1 | 85 | 22 | 50 | 4,5 | | 3 |
| | | | | | | 1 | 14 | 4 | W | |
| | | | | | | | | 2,5 | | |
| I | (0,4965 | 0,633) | 16,8 | 57,0 | 73 | 23 | 02 | 2 | W ☽ | 0 |
| | | | 16,2 | 56,6 | 80 | 0 | 17 | 2 | | |
| | | | | | | | | 2 | | |
| I | 0,4030 | 0,690 | 19,0 | 52,4 | 73 | 21 | 50 | 2 | ☽ | 1 |
| I | 0,4155 | 0,682 | 17,8 | 50,8 | 93 | 23 | 38 | 2 | | 1 |
| | | | | | | | | 4 | | |
| I | 0,2050 | 0,828 | 21,0 | 54,4 | 65 | 23 | 01 | 4,5 | !! | 3 |
| I | 0,2810 | 0,772 | 20,0 | 52,3 | 84 | 2 | 38 | 4,5 | | 2 |
| | | | | | | | | 2 | | |
| I | (0,7745 | 0,490) | 19,6 | 57,9 | 58 | 0 | 10 | 1 | W | 0 |
| | | | | | | 2 | 51 | | | |
| | | | | | | | | 4,5 | | |
| I | 0,1970 | 0,834 | 16,1 | 57,4 | 80 | 23 | 19 | 4,5 | !! | 3 |
| I | 0,1675 | 0,857 | 14,0 | 56,6 | 81 | 2 | 32 | 4,5 | | 3 |
| | | | | | | | | 2.5 | leichte W | |
| | | | | | | | | 4 | | |
| I | 0,2128 | 0,822 | 19,3 | 58,0 | 55 | 23 | 07 | 4 | | 3 |
| | | | | | | | | 3 | SZ | |
| I | 0,3735 | 0,709 | 18,3 | 57,9 | 71 | 3 | 09 | 2,5 | | 2 |
| | | | | | | | | 2,5 | | |
| | | | | | | | | 3,5 | | |
| I | (0,6730 | 0,558) | 22,5 | 54,6 | 87 | 23 | 44 | 2 | LU | 0 |
| | | | | | | | | 1,5 | W | |
| I | (0,7418 | 0,505) | 21,4 | 54,7 | 85 | 1 | 22 | 1,5 | | 0 |
| | | | | | | | | 3 | | |
| I | 0,3402 | 0,731 | 18,5 | 59,5 | 61 | 23 | 11 | 2 | | 2 |
| | | | | | | 3 | 00 | | W | |
| | | | | | | | | 2 | SZ | |
| I | (0,6510 | 0,549) | 12,3 | 55,1 | 97 | 22 | 53 | 1 | | 0 |
| | | | | | | | | | W | |
| I | (0,7635 | 0,495) | | | | 2 | 28 | | | 0 |
| | | | | | | | | 0,5 | W | |
| I | 0,2180 | 0,818 | 15,2 | 56,8 | 77 | 22 | 21 | 3,5 | SZ | 3 |
| | | | 12,4 | 57,2 | 96 | 1 | 14 | 2 | W ☽ | |
| I | 0,2142 | 0,821 | 15,8 | 55,1 | 52 | 22 | 55 | 4 | | 3 |
| | | | 13,6 | 54,4 | 62 | 0 | 46 | 1 | W | |

Tabelle
Mittlerer Extinktions-

| Lfd. Nr. | Datum | M. | $\lambda_{eff} = 512\ m\mu$ | | $\lambda_{eff} = 599\ m\mu$ | | $\lambda_{eff} = 543\ m\mu$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $k$ | m. F. d. M. | $k$ | m. F. d. M. | $k$ | m. F. d. M. |
| | 1935 | | | | | | | |
| 1 | Sept. 10 . . . . . | II | 0,50 | ± 0,02 | 0,41 | ± 0,03 | 0,48 | ± 0,04 |
| 2 | Sept. 12 . . . . . | II | 0,26 | ± 0,05 | 0,19 | ± 0,06 | 0,24 | ± 0,06 |
| 3 | Sept. 16 . . . . . | II | 0,28 | ± 0,02 | 0,21 | ± 0,01 | 0,25 | ± 0,02 |
| 4 | Sept. 21 . . . . . | I | 0,26 | ± 0,02 | 0,13 | ± 0,01 | 0,19 | ± 0,03 |
| | | II | 0,19 | ± 0,02 | 0,13 | ± 0,01 | 0,16 | ± 0,01 |
| 5 | Okt. 13 . . . . . | II | 0,18 | ± 0,03 | 0,11 | ± 0,03 | 0,12 | ± 0,01 |
| | | II | 0,32 | | 0,26 | | 0,28 | |
| 6 | Okt. 14 . . . . . | II | 0,28 | ± 0,01 | 0,20 | ± 0,01 | 0,22 | ± 0,01 |
| 7 | Okt. 18 . . . . . | I | 0,36 | ± 0,02 | 0,28 | ± 0,01 | 0,34 | ± 0,08 |
| | | II | 0,28 | ± 0,02 | 0,20 | ± 0,02 | 0,22 | ± 0,02 |
| 8 | Okt. 31 . . . . . | I | 0,44 | ± 0,02 | 0,40 | ± 0,01 | 0,43 | ± 0,01 |
| | | II | 0,40 | ± 0,03 | 0,32 | ± 0,03 | 0,36 | ± 0,01 |
| 9 | Nov. 1 . . . . . | I | 0,18 | ± 0,01 | 0,14 | ± 0,01 | 0,16 | ± 0,01 |
| | | I | 0,29 | | 0,22 | | 0,24 | |
| | | II | 0,24 | ± 0,01 | 0,16 | ± 0,03 | 0,19 | ± 0,03 |
| (10) | Nov. 4 . . . . . | I | 0,52 | ± 0,10 | 0,52 | ± 0,08 | 0,58 | ± 0,09 |
| | | II | 0,60 | ± 0,06 | 0,57 | ± 0,05 | 0,61 | ± 0,08 |
| 11 | Nov. 17 . . . . . | I | 0,28 | ± 0,02 | 0,21 | ± 0,01 | 0,23 | ± 0,01 |
| | | II | 0,28 | ± 0,01 | 0,21 | ± 0,01 | 0,24 | ± 0,01 |

[1]) SZ = Szintillieren der Sterne; LU = Luftunruhe; W = Wolken; D = Du

· Belkawe.

ansmissionskoeffizient pro Abend.

| Mittelwert aus den drei Werten (in zeitlicher Reihenfolge) | | | Meteorologische Daten | | | | | Bemerkungen [1] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $T$ | $B$ 7.. | r. F. | MEZ. | | $H$ | | $P$ (vgl. S. 39) |
| M. | $\bar{k}$ | $\bar{p}$ | °C | mm | % | h | m | | | |
| | | | | | | | | 2 | | |
| II | 0,4578 | 0,656 | 9,6 | 57,9 | 72 | 22 | 23 | 2 | LU ☽ | 1 |
| | | | 9,1 | 57,9 | 84 | 23 | 31 | | | |
| | | | | | | | | 3,5 | | |
| II | 0,2315 | 0,808 | 12,7 | 52,6 | 76 | 21 | 57 | 3 | ☽ | 3 |
| | | | | | | 23 | 14 | 2 | | |
| | | | | | | | | 3,5 | | |
| II | 0,2450 | 0,798 | 11,7 | 47,0 | 90 | 22 | 36 | 3 | | 2 |
| | | | 8,9 | 47,0 | 82 | 1 | 18 | 2 | leichte W | |
| | | | | | | | | 4,5 | ! | |
| I | 0,1958 | 0,835 | 10,8 | 58,0 | 79 | 20 | 55 | 5 | !! | 3 |
| | | | | | | | | 4 | | |
| II | 0,1612 | 0,862 | 9,9 | 58,0 | 89 | 0 | 34 | 4,5 | | 3 |
| | | | | | | | | 4.5 | D | |
| II | 0,1625 | 0,881 | 5,0 | 61,6 | 58 | 21 | 53 | 5 | ☽ | 3 |
| II | (0,2938 | 0,763) | 1,4 | 61,6 | 85 | 0 | 11 | 2,5 | | |
| | | | | | | | | 4 | | |
| II | 0,2328 | 0,807 | 7,2 | 59,4 | 86 | 22 | 03 | 3,5 | D | 3 |
| | | | 8,6 | 60,0 | 77 | 1 | 35 | 1,5 | | |
| | | | | | | | | 3,5 | | |
| II | 0,2315 | 0,808 | 7,2 | 54,0 | 80 | 22 | 08 | 3,5 | | 3 |
| | | | | | | | | 3 | SZ | |
| I | 0,3270 | 0,740 | 8,0 | 54,0 | 85 | 1 | 57 | 2,5 | | 2 |
| | | | | | | | | 2.5 | D | |
| | | | | | | | | 1 | D stark | |
| II | 0,3552 | 0,721 | 5,2 | 52,3 | 89 | 21 | 18 | 3 | | 2 |
| | | | | | | | | 2,5 | | |
| I | 0,4235 | 0,677 | 4,8 | 53,0 | 91 | 1 | 56 | 2 | D | 1 |
| | | | | | | | | 1 | W | |
| I | (0,2505 | 0,794) | 8,2 | 57,6 | 88 | 21 | 59 | 2,5 | D | |
| I | 0,1600 | 0,863 | | | | | | 4,5 | ! | 3 |
| II | 0,1945 | 0,836 | 8,7 | 57,6 | 67 | 2 | 03 | 5 | ! | 3 |
| I | (0,5368 | 0,610) | 0,8 | 52,1 | 83 | 22 | 00 | 1,5 | D | 0 |
| II | (0,5952 | 0,578) | 0,3 | 50,0 | 95 | 23 | 07 | 1,5 | leichte W | 0 |
| | | | | | | | | 4 | | |
| II | 0,2422 | 0,800 | 4,5 | 45,8 | 79 | 20 | 20 | 4 | ! | 3 |
| I | 0,2382 | 0,803 | 4,0 | 46,9 | 77 | 1 | 27 | 4 | | 3 |
| | | | | | | | | 2 | D | |

icht; ☽ = Mondlicht stört; ! = gute Sternbilder; !! = besonders gute Sternbilder.

Tabelle

| Lfd. Nr. | Datum | M. | $\lambda_{eff} = 512$ m$\mu$ | | $\lambda_{eff} = 599$ m$\mu$ | | $\lambda_{eff} = 543$ m$\mu$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $k$ | m. F. d. M. | $k$ | m. F. d. M. | $k$ | m. F. d. M. |
| | 1936 | | | | | | | |
| (12) | Jan. 16 . . . . . | I | 0,75 | ± 0,02 | 0,61 | ± 0,02 | 0,67 | ± 0,02 |
| | | II | 0,75 | ± 0,02 | 0,62 | ± 0,01 | 0,72 | ± 0,02 |
| 13 | Jan. 18 . . . . . | I | 0,45 | ± 0,01 | 0,40 | ± 0,02 | 0,46 | ± 0,02 |
| | | II | 0,48 | ± 0,01 | 0,40 | ± 0,004 | 0,45 | ± 0,005 |
| 14 | Jan. 20 . . . . . | I | 0,46 | ± 0,01 | 0,41 | ± 0,01 | 0,42 | ± 0,02 |
| | | II | 0,37 | ± 0,02 | 0,30 | ± 0,05 | 0,36 | ± 0,04 |
| 15 | Jan. 21 . . . . . | I | 0,38 | ± 0,01 | 0,36 | ± 0,003 | 0,38 | ± 0,005 |
| | | II | 0,40 | ± 0,01 | 0,30 | ± 0,02 | 0,38 | ± 0,02 |
| 16 | März 1 . . . . . | I | 0,23 | ± 0,01 | 0,16 | ± 0,01 | 0,21 | ± 0,01 |
| | | II | 0,28 | ± 0,03 | 0,21 | ± 0,02 | 0,24 | ± 0,02 |
| 17 | März 10 . . . . . | I | 0,36 | ± 0,01 | 0,25 | ± 0,01 | 0,30 | ± 0,02 |
| | | II | 0,20 | ± 0,02 | 0,13 | ± 0,02 | 0,19 | ± 0,02 |
| 18 | März 17 . . . . . | I | 0,22 | ± 0,002 | 0,14 | ± 0,002 | 0,18 | ± 0,01 |
| | | II | 0,26 | ± 0,003 | 0,20 | ± 0,002 | 0,23 | ± 0,004 |
| 19 | März 18 . . . . . | I | 0,34 | ± 0,01 | 0,26 | ± 0,01 | 0,30 | ± 0,01 |
| | | I | 0,28 | ± | 0,22 | | 0,23 | |
| | | II | 0,39 | ± 0,005 | 0,27 | ± 0,004 | 0,31 | ± 0,01 |
| 20 | März 19 . . . . . | I | 0,37 | ± 0,01 | 0,33 | ± 0,02 | 0,37 | ± 0,04 |
| | | II | 0,44 | ± 0,01 | 0,36 | ± 0,01 | 0,41 | ± 0,04 |
| | | I | 0,32 | ± 0,02 | 0,18 | ± 0,02 | 0,30 | ± 0,03 |
| (21) | März 20 . . . . . | II | 0,55 | ± 0,02 | 0,38 | ± 0,04 | 0,52 | ± 0,04 |
| 22 | März 21 . . . . . | I | 0,33 | ± 0,04 | 0,24 | ± 0,02 | 0,29 | ± 0,03 |
| | | II | 0,40 | ± 0,03 | 0,27 | ± 0,01 | 0,31 | ± 0,01 |

Fortsetzung).

| Mittelwert aus den drei Werten (in zeitlicher Reihenfolge) | | | Meteorologische Daten | | | | | Bemerkungen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M. | $\bar{k}$ | $\bar{p}$ | $T$ °C | $B$ 7.. mm | r. F. % | MEZ. h | m | $H$ | | $P$ (vgl. S. 39) |
| II | (0,6975 | 0,526) | −2,6 | 48,0 | 81 | 20 | 17 | 2<br>1 | SZ | 0 |
| I | (0,6750 | 0,537) | −3,4 | 42,4 | 94 | 21 | 34 | 0,5 | W | 0 |
| II | 0,4430 | 0,665 | −0,2 | 42,9 | 83 | 20 | 40 | 3,5<br>2,5 | | 1 |
| I | 0,4348 | 0,670 | −2,2 | 44,0 | 87 | 1 | 38 | 2,5<br>0 | SZ stark | 1 |
| I | 0,4268 | 0,675 | +1,2 | 40,9 | 92 | 21 | 23 | 3 | SZ stark | 1 |
| II | 0,3448 | 0,728 | 0,3 | 41,0 | 92 | 2 | 12 | 2,5<br>2,5<br>3 | SZ | 2 |
| II | 0,3612 | 0,717 | 0,8 | 41,9 | 94 | 20 | 40 | 2,5<br>2,5 | D | 2 |
| I | 0,3718 | 0,710 | 1,1 | 41,9 | 88 | 1 | 41 | 2,5<br>2,5 | | 2 |
| I | 0,1985 | 0,833 | 4,5 | 35,5 | 65 | 19 | 26 | 4 | LU | 3 |
| II | 0,2450 | 0,798 | 2,3 | 37,4 | 76 | 0 | 59 | 2<br>0 | W | 2 |
| II | 0,1752 | 0,851 | 6,3 | 48,7 | 69 | 21 | 40 | 4,5<br>1,5 | D<br>SZ | 3 |
| I | 0,3038 | 0,756 | 5,8 | 47,8 | 81 | 0 | 21 | 3 | | 2 |
| II | 0,2328 | 0,807 | ±0,0 | 59,6 | 60 | 22 | 32 | 4,5<br>4 | !! | 3 |
| I | 0,1765 | 0,850 | −0,4 | 60,6 | 78 | 3 | 05 | | ! | 3 |
| I | (0,2410 | 0,801) | +2,1 | 58,6 | 64 | 21 | 49 | 4,5 | ! | |
| I | 0,2995 | 0,759 | | | | | | 3 | D | 2 |
| II | 0,3152 | 0,748 | 0,0 | 57,6 | 84 | 3 | 30 | 3<br>3 | D | 2 |
| I | 0,3538 | 0,722 | 4,5 | 56,0 | 63 | 21 | 55 | 3<br>2,5 | SZ | 2 |
| II | 0,4060 | 0,688 | 2,5 | 56,0 | 73 | 0 | 57 | 2,5<br>2<br>2 | SZ stark | 1 |
| I | 0,2995 | 0,759 | | 57,5 | | 22 | 36 | 3 | | 2 |
| II | (0,4778 | 0,644) | 4,5 | 57,5 | 94 | 2 | 41 | 2 | SZ | 0 |
| II | 0,3255 | 0,741 | 6,0 | 55,0 | 77 | 22 | 00 | 2,5<br>2,5 | LU | 2 |
| I | 0,2895 | 0,766 | 5,3 | 55,0 | 81 | 3 | 17 | 2,5<br>3 | | 2 |

Tabelle

| Lfd. Nr. | Datum | M. | $\lambda_{eff} = 512$ m$\mu$ | | $\lambda_{eff} = 599$ m$\mu$ | | $\lambda_{eff} = 543$ m$\mu$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $k$ | m.F.d.M. | $k$ | m.F.d.M. | $k$ | m.F.d.M. |
| 23 | März 22 | I | 0,36 | ± 0,03 | 0,30 | ± 0,02 | 0,34 | ± 0,03 |
| | | II | 0,33 | ± 0,02 | 0,24 | ± 0,01 | 0,31 | ± 0,01 |
| 24 | März 28 | I | 0,17 | ± 0,01 | 0,12 | ± 0,01 | 0,14 | ± 0,02 |
| | | II | 0,19 | ± 0,01 | 0,12 | ± 0,01 | 0,17 | ± 0,03 |
| 25 | April 8 | I | 0,33 | ± 0,02 | 0,26 | ± 0,01 | 0,28 | ± 0,04 |
| | April 8 | II | 0,39 | ± 0,04 | 0,25 | ± 0,02 | 0,33 | ± 0,02 |
| 26 | April 27 | I | 0,48 | ± 0,04 | 0,35 | ± 0,01 | 0,41 | ± 0,02 |
| | | II | 0,35 | ± 0,02 | 0,26 | ± 0,01 | 0,30 | ± 0,02 |
| 27 | April 28 | I | 0,42 | ± 0,03 | 0,38 | ± 0,01 | 0,39 | ± 0,01 |
| | | II | 0,43 | ± 0,01 | 0,37 | ± 0,01 | 0,40 | ± 0,01 |
| 28 | April 29 | I | 0,45 | ± 0,01 | 0,36 | ± 0,02 | 0,40 | ± 0,01 |
| | | II | 0,40 | ± 0,01 | 0,32 | ± 0,01 | 0,35 | ± 0,01 |
| 29 | April 28 | I | 0,35 | ± 0,01 | 0,26 | ± 0,01 | 0,32 | ± 0,04 |
| | | II | 0,34 | ± 0,01 | 0,27 | ± 0,02 | 0,30 | ± 0,03 |
| 30 | Mai 29 | I | 0,30 | ± 0,01 | 0,20 | ± 0,04 | 0,26 | ± 0,02 |
| | | II | 0,29 | ± 0,01 | 0,21 | ± 0,01 | 0,24 | ± 0,02 |
| 31 | Mai 31 | II | 0,30 | ± 0,01 | 0,23 | ± 0,01 | 0,26 | ± 0,02 |

[1]) Für Belkawe mußten die Barometerstände $B$ von der nächstgelege

ortsetzung).

| Mittelwert aus den drei Werten (in zeitlicher Reihenfolge) | | | Meteorologische Daten | | | | | Bemerkungen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M. | $\bar{k}$ | $\bar{p}$ | $T$ °C | $B$ 7..[1] mm | r. F. % | MEZ. h | m | $H$ | | $P$ (vgl. S. 39) |
| | | | | | | | | 3 | | |
| II | 0,2938 | 0,763 | +7,3 | 48,5 | 66 | 22 | 18 | 3 | LU | 2 |
| | | | | | | | | 3 | | |
| I | 0,3358 | 0,734 | 5,5 | 48,5 | 78 | 3 | 07 | | | 2 |
| | | | | | | | | 3 | SZ ☽ | |
| | | | | | | | | 5 | | |
| II | 0,1625 | 0,861 | 10,2 | 55,5 | 74 | 21 | 39 | 3,5 | | 3 |
| | | | | | | | | 2 | D | |
| I | 0,1425 | 0,877 | 1,7 | 55,5 | 88 | 1 | 16 | 3,5 | LU stark | 3 |
| | | | | | | | | 2 | | |
| | | | | | | | | 3 | | |
| II | 0,3255 | 0,741 | 2,0 | 52,9 | 66 | 20 | 26 | 3 | ☽ | 2 |
| | | | | | | | | 3 | | |
| I | 0,2895 | 0,766 | 0,3 | 52,9 | 71 | 22 | 49 | 3 | | 2 |
| | | | | | | | | 2 | D | |
| II | 0,3022 | 0,757 | 8,9 | 55,2 | 81 | 21 | 11 | 2,5 | ☽ | 2 |
| | | | | | | | | 1,5 | SZ | |
| I | 0,4122 | 0,684 | 8,4 | 56,0 | 87 | 0 | 40 | 1,5 | | 1 |
| | | | | | | | | 1,5 | | |
| | | | | | | | | 2,5 | | |
| II | 0,4030 | 0,690 | 11,7 | 55,5 | 67 | 21 | 47 | | ☽ | 1 |
| | | | | | | | | 1,5 | D | |
| I | 0,3965 | 0,694 | 10,9 | 55,1 | 89 | 1 | 24 | 1,5 | | 1 |
| | | | | | | | | 2 | W | |
| I | 0,4032 | 0,690 | 12,2 | 53,3 | 54 | 21 | 45 | 1,5 | LU ☽ | 1 |
| | | | | | | | | 2 | | |
| II | 0,3598 | 0,718 | 12,0 | 53,3 | 64 | 0 | 49 | 2 | LU SZ | 2 |
| | | | | | | | | 2 | | |
| | | | | | | | | 3 | | |
| II | 0,3022 | 0,757 | 11,3 | 48,0 | 60 | 21 | 47 | 3 | ☽ | 2 |
| I | 0,3110 | 0,751 | 7,7 | 50,0 | 83 | 0 | 43 | 3 | | 2 |
| | | | | | | | | 2,5 | D | |
| | | | | | | | | 2,5 | SZ ☽ | |
| II | 0,2450 | 0,798 | 11,7 | 46,4 | 63 | 21 | 01 | 3 | | 2 |
| I | 0,2560 | 0,790 | 10,1 | 45,0 | 77 | 2 | 07 | 3 | | 2 |
| | | | | | | | | 3 | | |
| II | 0,2655 | 0,783 | +11,3 | 46,5 | 65 | 23 | 27 | 2,5 | SZ | 2 |
| | | | 10,0 | 48,2 | 71 | 1 | 53 | 3 | | |

teorologischen Station erster Ordnung, Breslau, übernommen werden.

Tabelle 12a. Anzahl.

| Ort | Methode | Anzahl aller Abende | Wovon unbrauchbar |
|---|---|---|---|
| Breslau . . . . | I | 19 | 8 |
| „ . . . . | II | 36 | 5 |
| Belkawe . . . | I | 25 | 2 |
| „ . . . | II | 31 | 3 |

Tabelle 12b. Verteilung.

| Ort | Methode | Anzahl der Abende | Ort | Methode | Anzahl der Abende |
|---|---|---|---|---|---|
| Breslau . | I | 4 | Belkawe . | I | 0 |
| „ . | II | 21 | „ . | II | 6 |
| „ . | I und II | 15 | „ . | I und II | 25 |
| | | 40 | | | 31 |

Diesem Werte ist wegen des großen m. F. der Einzelbeobachtung nur geringes Gewicht beizumessen. Jedoch seien an dieser Stelle zum Vergleich die Ergebnisse einiger anderer Autoren angegeben, welche obigen Betrag in der Größenordnung bestätigen:

$$p_{G,\,K} - p_{B,\,A}$$

G. ZIPLER[1]): $+0{,}017$ für $p = 0{,}808$, } (entnommen aus
G. MÜLLER[2]): $+0{,}004$ für $p = 0{,}805$ } Tabelle für Potsdam),

v. d. PAHLEN[3]): $+0{,}009$ für $p = 0{,}800$ (theoretisch berechnet).

### *12. Abhängigkeit der Luftdurchlässigkeit für Strahlung verschiedener Wellenlänge.*

Eine weitere in das Programm der Arbeit einbezogene Untersuchung befaßte sich mit dem Gesetz der Abhängigkeit der Luftdurchlässigkeit für Strahlung verschiedener Wellenlängen. Zu diesem Zwecke wurden die Mittelwerte von $k$ für die drei effektiven Wellenlängen bestimmt, und die daraus resultierenden $p$-Werte berechnet, und zwar für folgende Abendgruppen:

(1) = alle Abende mit der Charakteristik 1, 2 und 3,
(2) = alle Abende mit der Charakteristik 2 und 3,
(3) = alle Abende mit der Charakteristik 3,

[1]) G. ZIPLER, Veröffentlichungen Neubabelsberg Bd. III, 1921. — [2]) G. MÜLLER, Publ. d. Astrophys. Observ. Potsdam **22**. 64. 1913. — [3]) v. d. PAHLEN, A. N. Nr. 4612.

getrennt für beide Methoden und für Breslau und Belkawe. Das Ergebnis enthält die folgende Tabelle:

Tabelle 13.

| | $\lambda_{eff} = 512\ m\mu$ $p$ | $\lambda_{eff} = 543\ m\mu$ $p$ | $\lambda_{eff} = 599\ m\mu$ $p$ | $N$ [1] |
|---|---|---|---|---|
| | | Breslau. | | |
| Methode I: | | | | |
| (1) | 0,725 | 0,747 | 0,784 | 11 |
| (2) | 0,772 | 0,792 | 0,832 | 8 |
| (3) | 0,793 | 0,822 | 0,852 | 4 |
| Methode II: | | | | |
| (1) | 0,739 | 0,760 | 0,796 | 31 |
| (2) | 0,767 | 0,791 | 0,826 | 27 |
| (3) | 0,791 | 0,813 | 0,848 | 10 |
| | | Belkawe. | | |
| Methode I: | | | | |
| (1) | 0,732 | 0,756 | 0,783 | 23 |
| (2) | 0,766 | 0,794 | 0,824 | 17 |
| (3) | 0,814 | 0,844 | 0,872 | 6 |
| Methode II: | | | | |
| (1) | 0,745 | 0,771 | 0,798 | 28 |
| (2) | 0,770 | 0,799 | 0,829 | 24 |
| (3) | 0,810 | 0,834 | 0,860 | 10 |

Eine vergleichende Zusammenstellung aller $p$-Werte in Abhängigkeit von der Wellenlänge kann an dieser Stelle nicht erfolgen. Nur für einige Beobachtungsstationen geringer Höhe und sonstiger ähnlicher Bedingungen (Stadtnähe) sind die Transmissionskoeffizienten für einen gleichen bzw. ähnlichen Wellenlängenbereich in Tabelle 14 gegenübergestellt.

Tabelle 14.

| Potsdam [2] 100 m | | | Washington [3] 10 m | | Leipzig [4] 119 m | | Breslau 117 m | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\lambda_\mu$ | $p$ | | $\lambda_\mu$ | $p$ | $\lambda_\mu$ | $p$ | $\lambda_\mu$ | (1) $p$ | (2) | |
| 0,514 | 0,760 | 0,788*) | 0,500 | 0,705 | 0,487 | 0,520 | 0,512 | 0,732 | 0,770 | |
| 0,540 | 0,772 | 0,793 | 0,550 | 0,739 | — | — | 0,543 | 0,754 | 0,792 | |
| 0,605 | 0,828 | 0,841 | 0,600 | 0,760 | 0,591 | 0,759 | 0,599 | 0,790 | 0,829 | |
| *) Mittelwerte unter Auslassung eines ungünstigen Abends | | | | | (Beobachtungen eines Sternes an einem Abend normaler Luftdurchlässigkeit von Dr. Schaub) | | [Mittelwerte aus beiden Methoden von Abendgruppe (1) nnd (2); vergleiche Tabelle 13] | | | |

[1]) $N$ = Anzahl der Abende pro Gruppe. — [2]) Entnommen aus G. Müller, Publ. d. Astrophys. Observ. Potsdam **22**, 64, 1913. — [3]) Entnommen aus E. Schoenberg, Theoretische Photometrie, Handb. d. Astrophys. II/1, g. — [4]) Entnommen aus N. Richter, A. N. **256**. Nr. 6124.

Eine Bestätigung des RAYLEIGHschen Gesetzes, d. h. der Abhängigkeit von der vierten Potenz der Wellenlänge, liegt für die Breslauer und Belkawer Beobachtungsergebnisse nicht vor, wie sich leicht zeigen läßt (vgl. Tabelle 15). Wenn man die Abhängigkeit von $\lambda$ in der Form ansetzt

$$-\log p = \frac{K}{\lambda^x} \cdot \frac{1}{\text{mod}},$$

wo $K$ die Anzahl der trübenden Teilchen und den Brechungsexponenten enthält, und $x$ der gesuchte Exponent von $\lambda$ ist, so läßt sich der für die vorliegenden Beobachtungen gültige Exponent $x$ bestimmen. Er ergibt sich für Breslau und Belkawe im Mittel zu 2, wobei sich ein ausgesprochener Gang des Exponenten mit der Abendgruppe, nämlich ein Anstieg mit zunehmender Luftdurchlässigkeit zeigt. Tabelle 15 gibt für die drei Abendgruppen die Werte des Exponenten $x$.

Überraschend ist die innerhalb der erreichten Genauigkeit völlige Übereinstimmung der Exponenten für Breslau und Belkawe, weil sich diese beiden Stationen sicherlich im durchschnittlichen Staubgehalt der Luft unterscheiden. (Die Breslauer Sternwarte liegt unmittelbar an der Stadt, während sich die Zweigstelle Belkawe einige Kilometer von der nächsten größeren Ortschaft befindet.) Wenn also nur dieser Faktor (Staubmenge) bestimmend für den Wert des Exponenten wäre, so müßte Belkawe einen der RAYLEIGHschen Streuung näherkommenden Wert als 2 aufweisen. Der gleiche Wert des Exponenten für beide Stationen zeigt jedoch, daß neben der Menge fester Teilchen die Absorption durch Wasserdampf den Wert des Exponenten ausschlaggebend beeinflußt.

Auf eine Untersuchung der Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten von der Zenitdistanz wurde verzichtet, da bei den Beobachtungen Zenitdistanzen von $80^0$ und darüber nach Möglichkeit vermieden wurden, um die häufig unmittelbar über dem Horizont gelagerten starken Dunstschichten und damit Verfälschungen des durchschnittlichen Transmissionskoeffizienten des gesamten Himmels zu umgehen.

Tabelle 15. Die Exponenten $x$ von $\lambda$ für die drei Abendgruppen.

| Breslau. | | | Belkawe. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Abendgruppe | $x$ | | Abendgruppe | $x$ | |
| | I | II | | I | II |
| (1) | 1,7 | 1,8 | (1) | 1,6 | 1,7 |
| (2) | 2,2 | 2,1 | (2) | 2,0 | 2,1 |
| (3) | 2,3 | 2,3 | (3) | 2,5 | 2,1 |

### *13. Mittlere Extinktionswerte.*

Die Angabe der mittleren Extinktion, wie sie die Aufgabe der Arbeit erfordert, wäre strenggenommen nur möglich, wenn es eine genaue Begrenzung für die Auswahl der Abende gäbe, die einen für die Beobachtungsstation charakteristischen Mittelwert liefern. Diese liegt jedoch eigentlich nie vor, wofern es sich nicht um Stationen extrem günstiger Höhenlage und Luftbeschaffenheit (Staubfreiheit, Ausfall von Dunst und starker Feuchtigkeit) handelt, oder, wofern man nicht bei Stationen wie Breslau und Belkawe nur eine Handvoll Abende außerordentlich guter Luftdurchlässigkeit verwerten will. Es bleibt also nur übrig, die Abende leidlicher und mittlerer Luftdurchlässigkeit hinzuzunehmen oder auf die Angabe eines einzigen allgemeingültigen Transmissionskoeffizienten zu verzichten.

Direkte visuelle Messungen des Transmissionskoeffizienten ohne Filter liegen nicht vor. Er läßt sich jedoch graphisch für die einzelnen Abendgruppen entnehmen, wenn man die empirisch gefundene Beziehung $\ln p = K \cdot \lambda^{-2}$ als gültig für den untersuchten Teil des visuellen Spektralgebietes annimmt. Es ergibt sich hiernach für die visuelle effektive Wellenlänge $\lambda = 555\ \mathrm{m}\mu$:

Breslau.

| Abendgruppe | $p_{vis}$ | | |
|---|---|---|---|
| | Meth. I | Meth. II | Mittelwert |
| (1) | 0,754 | 0,767 | 0,760 |
| (2) | 0,801 | 0,796 | 0,798 |
| (3) | 0,828 | 0,821 | 0,824 |

Belkawe.

| Abendgruppe | $p_{vis}$ | | |
|---|---|---|---|
| | Meth. I | Meth. II | Mittelwert |
| (1) | 0,762 | 0,774 | 0,768 |
| (2) | 0,800 | 0,804 | 0,802 |
| (3) | 0,847 | 0,838 | 0,842 |

Von den drei Mittelwerten für Breslau und Belkawe muß, wie die Erfahrung im Laufe der Beobachtungen hinsichtlich der Häufigkeit verschieden klarer Abende zeigte, der erste,

$$p = 0{,}76 \text{ für Breslau}$$

und

$$p = 0{,}77 \text{ für Belkawe}$$

als der charakteristische Transmissionskoeffizient bezeichnet werden.

### *14. Anzahl der Abende verschiedener Güte.*

Es ergibt sich folgendes Verhältnis für die Verteilung sämtlicher Abende auf die Transmissionskoeffizienten $p < 0{,}650$, $p < 0{,}700$, $p < 0{,}800$ und $p \geqq 0{,}800$, also auf die Charakteristiken $P = 0$, 1, 2 und 3:

| Breslau. | | | Belkawe. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $p$ | $P$ (vgl. S. 39) | $N$ | $p$ | $P$ (vgl. S. 39) | $N$ |
| $< 0{,}650$ | 0 | 9 | $< 0{,}650$ | 0 | 2,5 |
| $< 0{,}700$ | 1 | 5 | $< 0{,}700$ | 1 | 5,5 |
| $< 0{,}800$ | 2 | 16 | $< 0{,}800$ | 2 | 13,5 |
| $\geqq 0{,}800$ | 3 | 10 | $\geqq 0{,}800$ | 3 | 9,5 |
| Gesamtzahl d. Abende . . | | 40 | Gesamtzahl d. Abende . . | | 31 |

Bei der Breslauer Epoche von Mai 1934 bis August 1935 fiel eine Reihe guter Beobachtungsabende aus. Dagegen waren in der Belkawer Epoche von September 1935 bis Mai 1936 alle Bedingungen zur Ausnützung auch jedes leidlich klaren Abends erfüllt, so daß die Zahl und Verteilung der Belkawer Abende, wenn man insgesamt etwa 6 bis 8 Abende, die wegen instrumenteller Schwierigkeiten ausfielen, hinzuzählt, die Belkawer Beobachtungsverhältnisse der Epoche 1935/36 genau charakterisieren. Setzt man also für die 9 Monate September bis Mai rund 40 Abende an, so ergibt sich für die Anzahl photometrisch brauchbarer Abende des Jahres bei der Annahme von 8 bis maximal 10 Beobachtungsabenden in den 3 günstigsten Sommermonaten Mai, Juni und Juli etwa 60 bis 70. Für Breslau dürfte diese Zahl noch etwas ungünstiger ausfallen. Selbstverständlich braucht mit dieser Zahlangabe nicht der übliche Jahresdurchschnitt erfaßt zu sein.

### *15. Schätzungen der Luftdurchlässigkeit.*

In Tabelle 16 bzw. Abb. 2 sind die arithmetischen Mittel aus den Transmissionskoeffizienten $p$ für die drei Filter, und zwar aus allen Beobachtungen beider Methoden in Abhängigkeit von $H$ zusammengestellt. Es zeigt sich, daß die Belkawer Werte bei derselben Schätzung etwas höher sind, was durch die kritischere Beurteilung bedingt ist. Diese Tafel bzw.

Tabelle 16. Zusammenhang zwischen Transmissionskoeffizient $p$ und Himmelsschätzung $H$.

| Breslau. | | | | Belkawe. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H$ | $p$ | $\Delta p$ | $N$ | $H$ | $p$ | $\Delta p$ | $N$ |
| 1 | 0,525 | | 7 | 1 | — | | — |
| | | 67 | | | | — | |
| 1,5 | 0,592 | | 2 | 1,5 | 0,651 | | 5 |
| | | 63 | | | | 26 | |
| 2 | 0,655 | | 6 | 2 | 0,677 | | 6 |
| | | 33 | | | | 52 | |
| 2,5 | 0,688 | | 12 | 2,5 | 0,729 | | 17 |
| | | 82 | | | | 39 | |
| 3 | 0,770 | | 9 | 3 | 0,768 | | 12 |
| | | 29 | | | | 34 | |
| 3,5 | 0,799 | | 7 | 3,5 | 0,802 | | 3 |
| | | 7 | | | | 16 | |
| 4 | 0,806 | | 4 | 4 | 0,818 | | 5 |
| | | 13 | | | | 20 | |
| 4,5 | 0,819 | | 7 | 4,5 | 0,838 | | 4 |
| | | — | | | | 13 | |
| 5 | — | | — | 5 | 0,851 | | 3 |

Kurve kann nur zur Entnahme der $p$-Werte des Abends dienen, wenn keine Messungen der Extinktion vorliegen und die Stufenschätzung genügend eingeübt ist.

Schließlich gibt Tabelle 17 bzw. Abb. 3 eine Darstellung der Abhängigkeit des Transmissionskoeffizienten von der relativen Feuchtigkeit. Bei der Zuordnung von $p$ und r. F. wurden für Methode II die Mittelwerte der für

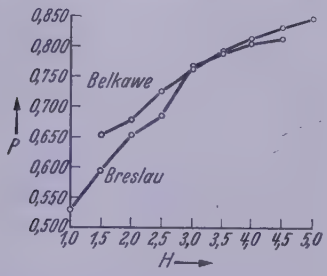


Abb. 2. Zusammenhang zwischen Transmissionskoeffizient $p$ und Himmelschätzung $H$.

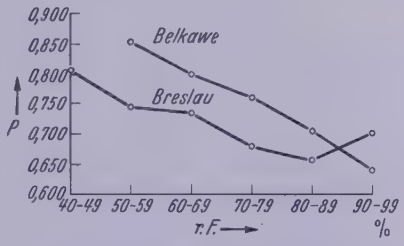


Abb. 3. Abhängigkeit der Luftdurchlässigkeit von der relativen Feuchtigkeit.

Beginn und Ende der Beobachtungen vorliegenden r. F. genommen, für Methode I die Endwerte, wofern mit dieser Methode der Abend abgeschlossen wurde, sonst ebenfalls die Mittelwerte.

Tabelle 17. Abhängigkeit der Luftdurchlässigkeit von der relativen Feuchtigkeit.

| Breslau. | | | | Belkawe. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| r. F. | $p$ | $\Delta p$ | $N$ | r. F. | $p$ | $\Delta p$ | $N$ |
| 40 — 49 % | 0,808 | | 2 | 40 — 49 % | — | | — |
| | | 62 | | | | — | |
| 50 — 59 | 0,746 | | 8 | 50 — 59 | 0,851 | | 2 |
| | | 10 | | | | 53 | |
| 60 — 69 | 0,736 | | 9 | 60 — 69 | 0,797 | | 11 |
| | | 56 | | | | 36 | |
| 70 — 79 | 0,680 | | 10 | 70 — 79 | 0,761 | | 16 |
| | | 22 | | | | 57 | |
| 80 — 89 | 0,658 | | 16 | 80 — 89 | 0,704 | | 19 |
| | | 45 | | | | 67 | |
| 90 — 99 | 0,703 | | 5 | 90 — 99 | 0,737 | | 7 |

Bei den Belkawer Werten zeigt sich deutlich in der größeren Gleichmäßigkeit der $p$-Differenzen von Intervall zu Intervall ein engerer Zusammenhang zwischen Durchlässigkeit und relativer Feuchtigkeit, der wohl durch den geringeren Staubgehalt in Belkawe begründet ist. Diese Tatsache läßt sich vor allem aus der Phasenverschiebung von $p$ von Belkawe gegenüber Breslau um rund sieben Hundertstel ersehen, die aussagt, daß bei gleicher relativer Feuchtigkeit die Luftdurchlässigkeit in Belkawe größer ist. Ferner läßt sich aus diesen Daten ableiten, daß die r. F. beider Stationen recht hoch ist, und daß relative Feuchtigkeiten unter 50 % in dieser Belkawer Epoche überhaupt nicht auftreten.

### *16. Extinktionsbestimmungen anderer Sternwarten.*

Es folgt eine Zusammenstellung anderer Extinktionsbestimmungen geordnet nach Meereshöhe (Tabelle 18).

Die Unterschiede der $p$-Werte dieser Tabelle, die nur tief gelegene Stationen enthält, sind bedeutend und wahrscheinlich für Sternwarten in Stadtnähe auch veraltet.

Außer der Methode ist die Anzahl und Genauigkeit der in Tabelle 18 zusammengestellten Extinktionsbestimmungen, wie aus den Bemerkungen (letzte Spalte) hervorgeht, außerordentlich verschieden.

Neueste Extinktionsbestimmungen in Bonn und Leipzig haben beispielsweise zu bedeutend geringeren Werten von $p$ als den in der Tabelle angegebenen geführt.

Hieraus ersieht man die Notwendigkeit, solche Bestimmungen zu wiederholen, wenn man mit einem abgestuften Mittelwert, wie er in dieser Arbeit abgeleitet ist, Reduktionen für Extinktion vornehmen will.

Das Ideal, den momentanen Extinktionswert jeder Nacht, in der photometrische Messungen gemacht werden, zu kennen, ist allgemein nicht erreichbar, weil die Bestimmung desselben beträchtliche Zeit erfordert.

### *17. Zusammenfassung.*

Wie die Tabelle zeigt, ergeben beide Methoden denselben Mittelwert für die Extinktion. Die instrumentellen und möglicherweise physiologischen Änderungen zwischen den beiden weit auseinanderliegenden Beobachtungen desselben Sterns haben innerhalb der erreichten Genauigkeit keinen systematischen Unterschied in den $p$-Werten bewirkt.

Als Ergebnis dieser Arbeit, außer den Werten der Extinktion für Breslau und Belkawe und dem Zusammenhang von Extinktion und Himmelsschätzung sowie Extinktion und Feuchtigkeitsgehalt der Luft, möchte noch hervorgehoben werden, daß die für das Photometer der Sternwarte bestimmten Zenithelligkeiten der hellen Sterne als ein vorzügliches Mittel zur schnellen Extinktionsbestimmung des Abends angesehen werden können, weil man durch diese nur eine einzige genaue Messung eines Zenitsternes benötigt, wenn man den Nullpunktsfehler des Photometers durch Vergleich mit der photometrischen Mire eliminiert. Es kann dazu auch ein anderer Zenitstern oder $\alpha$ Urs min. benutzt werden.

Tabelle 18. Zusammenstellung der Transmissionskoeffizienten einiger Sternwarten.

| Ort (Beobachtungsjahr) | Höhe ü. M. in m | Lage der Sternwarte zur Stadt | $\lambda_{eff} = 555\ m\mu$ $p$ | Beobachter | Methode | Literaturnachweis | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| München (1852) | 529 | in unmittelbarer Stadtnähe | 0,793 | SEIDEL | vis. photom. Messungen (fok. Sternbild) | [11] | zahlreiche Messungen |
| Sonneberg (1934) | 405 | nicht in unmittelbarer Stadtnähe | 0,835 | RICHTER | Helligkeitsstufenschätzungen | [10] | 1 Abend mittl. Güte |
| Wien (1883) ? | 202 | | 0,821 | STAMPFER | | [12] | entn. aus [15] |
| Leipzig (1934) | 119 | im Stadtinnern | (0,759)[1] | SCHAUB | spektrographische Messungen | [10] | 1 Abend mittl. Güte |
| Breslau (1934/35) | 117 | in unmittelbarer Stadtnähe | 0,760 | VOCKE | vis. photom. Messungen (extrafok. Sternbild) | | zahlreiche Messungen |
| Belkawe (1935/36) | 110 | nicht in unmittelbarer Stadtnähe | 0,768 | VOCKE | dasselbe | | dasselbe |
| Orotava (1910) | 100 | dasselbe | 0,774[2] | MÜLLER | spektralphotom. Messungen der ☉ (Spaltbild) | [8] | 2 Tage mittl. Güte |
| Potsdam (1909) | 100 | Stadtnähe | 0,794[2] | MÜLLER | dasselbe | [8] | 5 Tage |
| Berlin-Babelsberg (1921) | 82 | in unmittelbarer Stadtnähe | 0,806 | ZIPLER | vis. photom. Messungen (fok. Sternbild) | [7] | zahlreiche Messungen |
| Oxford (1883) | 64 | | 0,790 | PRITCHARD | dasselbe | [13] | dasselbe |
| Bonn (1876—1883) | 62 | im Stadtinnern | 0,805 | WOLFF | | [12] | entn. aus [15] |
| Paris | 59 | | 0,809 | TRÉPIED | | [14] | entn. aus [15] |
| Cairo (1883) ? | 33 | | 0,843 | PRITCHARD | vis. photom. Messungen (fok. Sternbild) | [13] | zahlreiche Messungen |
| Washington (1911) | 10 | im Stadtinnern | 0,741[2] | ABBOT | bolometr. Messungen | [16] | aus [1] |

[1]) $\lambda_{eff} = 591\ m\mu$. — [2]) $p$ für $555\ m\mu$ interpoliert.

Die Konstanz der photometrischen Mire erfordert während großer Zeiträume eine Kontrolle durch den Polarstern; in dieser Arbeit ist die Mire für die Ableitung der Extinktion nicht verwendet worden. Ihre Bedeutung liegt auch vorwiegend bei Beobachtungen der Veränderlichkeit der Planeten und des Erdlichtes, was in späteren Arbeiten der Breslauer Sternwarte gezeigt werden soll.

Für die Anregung zu den vorliegenden Untersuchungen, für zahlreiche Ratschläge und besonders für das ständige wohlwollende Interesse an meiner Arbeit bin ich Herrn Prof. Dr. SCHOENBERG zu großem Dank verpflichtet.

*Breslau*, im Februar 1938.

*Literaturverzeichnis.*

[1] SCHOENBERG, Theoretische Photometrie, Hdb. d. Astroph. II/1, g. — [2] Harvard Photometry. — [3] Katalog und Ephemeriden veränderlicher Sterne. — [4] W. RABE, Beobachtungen von Doppelsternen, A. N. Kiel 1930. — [5] P. SKOBERLA, ZS. f. Astrophys. **11**, Heft 1. — [6] N. FLORJA, Lichtwechsel von Polaris, A. N. **256**, Nr. 6136. — [7] G. ZIPLER, Veröffentlichungen Neubabelsberg III, 1921. — [8] G. MÜLLER, Publ. d. Astrophys. Observatoriums Potsdam, **22**, 64, 1913. — [9] v. d. PAHLEN, A. N. **193**, Nr. 4612. — [10] N. RICHTER, A. N. **256**, Nr. 6124. — [11] SEIDEL, Abhandl. der Münchner Akademie der Wissenschaften II/6, 1850—1852. — [12] WOLFF, Photometrische Beobachtungen 1876—1833, Berlin 1884. — [13] PRITCHARD, Memoirs of the R. Astron. Society **47**, XI, 1883. — [14] TRÉPIED, Comptes rendus **82**, 559. — [15] G. MÜLLER, Photometrie der Gestirne, Potsdam. — [16] ABBOT, Ap. J. **34**, Nr. 3, S. 203, 1911.

# Lebenslauf

Ich, Tochter des Bildhauers Prof. Alfred Vocke, wurde am 6. Mai 1911 in Breslau geboren. Von Ostern 1918 an besuchte ich das Oberlyzeum Cecilienschule in Berlin, von Juni 1924 ab das Städtische Oberlyzeum I in Kassel, das ich März 1931 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Die Anregung zu meinem späteren Studium gab mir der dortige durch Arbeitsgemeinschaften erweiterte Mathematik- und Physikunterricht. Von Mai 1931 bis Juli 1935 studierte ich in Breslau Astronomie, Mathematik und Physik. Meine akademischen Lehrer waren: Bergmann, Feigl, Marck, Ludloff, Rademacher, Radon, Reiche, Rothe, Schaefer, Schoenberg, Steubing, Strauß, Stumpff. Ihnen allen schulde ich großen Dank. Im Sommer 1934 begann ich die Beobachtungsarbeiten für die vorliegende Dissertation in der Breslauer Sternwarte. Sie wurden im Herbst 1935 in der Zweigstelle Belkawe fortgesetzt und im Sommer 1936 abgeschlossen. An dieser Stelle möchte ich ganz besonders Herrn Prof. Dr. Schoenberg, auf dessen Anregung hin diese Arbeit in Angriff genommen wurde, danken. Er hat mir durch die Überlassung der Mittel des Instituts, sowie durch seine ständige wohlwollende Teilnahme, durch Beratung und Förderung ihre Durchführung ermöglicht.

Susanne Vocke.

Druck von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig

Printed in Germany